

I. CIOBANU

MORFOLOGIA PLANTELOR

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI - 1971

MINISTERUL ÎNVAȚĂMÎNTULUI

Dr. Docent I. CIOBANU
prof. univ. emerit

MORFOLOGIA

PLANTELOR

Ediția a II-a, revizuită

8.01.1972

*Cu dreptul înainte!
Borț! Ha!
Cu trăs' de așteptare, de la
Libra*



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI – 1971

Referent științific: prof. dr. doc. C. BURDUJA

Redactor: D. DUȚIANU

Tehnoredactor: ILINCA PROSAN

Coperta de: ION HACIK

**PREFAȚĂ
LA EDIȚIA
ÎNȚII**

Morfologia plantelor este o disciplină fundamentală din grupa științelor de biologie vegetală, în care se studiază celula vegetală, țesuturile plantelor, morfologia și structura organelor lor vegetative, precum și organele și modalitățile de reproducere ale acestora.

Lucrarea se adresează în primul rînd studenților din anul întîi de la Facultățile de biologie și științe naturale ale Universităților și Institutelor pedagogice de 3 ani, dar ea poate fi utilă și studenților Institutelor agronomice și silvice, profesorilor din învățămîntul de cultură generală, tinerilor cercetători, precum și tuturor acelor care se interesează de studiile de biologie vegetală, fără noțiunile de morfologie neputîndu-se înțelege și asimila cunoștințele de botanică sistematică, fiziologie vegetală, genetică etc.

De la bun început ne-am dat seama că sarcina pe care ne-o asumăm nu este de loc ușoară. Progresul tehnic extrem de rapid, perfecționarea continuă a instrumentelor de cercetare și mai ales aplicarea intensivă a microscopiei electronice la teste vegetale în ultimul deceniu, aduc zi de zi noi date, mai ales privitoare la infrastructurile componentelor celulei vegetale. Ca urmare, am căutat să inserăm în manual aceste date noi, fără să pierdem din vedere că el se adresează în primul rînd unor tineri abia ieșiți din liceu, fapt care ne-a determinat să ținem seama de accesibilitatea acestor date, de stilul și caracterul didactic și instructiv al manualului. Să se ușureze

înțelegerea fenomenelor și faptelor înfățișate în manual, ne-am străduit să-l ilustrăm cu figuri cât mai numeroase și mai clare. Aceleași motive ne-au determinat să nu inserăm la bibliografia de la sfârșitul volumului decât lucrările de bază (tratate, manuale, monografii) pe care le-am utilizat, nu și unele articole, contribuții și note referitoare la chestiuni mai de amănunt.

La definitivarea textului lucrării ne-au fost de un real folos observațiile recenzenților oficiali, cărora le aducem și pe această cale mulțumirile noastre. Vom fi recunoscători tuturor cititorilor acestui manual și îndeosebi colegilor de specialitate, care vor binevoi să ne comunice sugestiile și observațiile lor menite să-i aducă îmbunătățiri în eventualele ediții viitoare.

AUTORUL

PREFAȚĂ
LA EDIȚIA
A II-a

Epuizarea, în mai puțin de un an și jumătate, a primei ediții a manualului nostru, precum și numeroasele cereri care ne-au fost adresate de studenți și diferite institute de învățământ superior, ne-au determinat să procedăm la o reeditare a acestuia.

În intervalul de cinci ani care s-a scurs de la tipărirea manualului, microscopia electronică aplicată în studiul celulei vegetale a furnizat noi și noi date referitoare la aceasta, confirmând unele ipoteze anterioare și infirmând altele.

Apariția, între timp, a unor noi și excelente monografii privitoare la celula vegetală (A. Nougarede, 1969, R. Buvat, 1969) sau reeditarea altora (P. E. Pilet, ed. III, 1968), precum și reeditarea unor manuale clasice de morfologie (K. Esau, Plant Anatomy, ed. II, 1965, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen inițiat de Strasburger, ed 29, 1967, Allgemeine Botanik de W. Nultsch, 1969, etc.) ne-a obligat la o refacere totală a capitolului de citologie și la îmbunătățirea altor capitole ale manualului. Ne-am străduit, de asemenea, să îmbogățim ilustrarea textului și să îmbunătățim calitatea unor figuri. De un real folos ne-au fost și observațiile făcute cu diferite prilejuri de o seamă de colegi, cărora le mulțumim și cu acest prilej pentru prețioasele lor sugestii.

Sperăm că noua ediție a manualului nostru se va bucura de aceeași prețuire din partea studenților și colegilor ca și ediția anterioară.

AUTORUL

INTRODUCERE

Botanica este știința care se ocupă cu studiul plantelor, avînd drept scop cunoașterea tuturor însușirilor de viață ale acestora.

Numele de *botanică* derivă de la cuvîntul grecesc *botane*, care înseamnă plantă, iarbă.

Botanica este o ramură a *biologiei*¹, știință mult mai cuprinzătoare, care se ocupă cu studiul materiei vii, al manifestărilor ei generale, al legilor generale ale apariției, dezvoltării și diferențierii materiei vii. Întrucît formele pe care le îmbracă astăzi materia vie sînt acelea de plante și animale, pe lîngă botanică și alte discipline botanice, biologia cuprinde *zoologia*², știința care se ocupă cu studiul animalelor.

Înainte de a prezenta problemele speciale ale științei botanice, credem necesar și util să precizăm asemănările și deosebirile dintre plante și animale și rolul plantelor în natură.

1. ASEMĂNĂRILE ȘI DEOSEBIRILE DINTRE PLANTE ȘI ANIMALE

Deși foarte diferite ca înfățișare, plantele și animalele posedă o serie de *însușiri comune*, însușiri care decurg din calitatea lor de viețuitoare. Dintre aceste însușiri amintim următoarele:

a) *organizația celulară a corpului lor*. Toate viețuitoarele au corpul alcătuit din celule, unități morfofiziologice, microscopice complexe, în care se petrec toate manifestările caracteristice vieții;

b) *constituția chimică determinată*. În alcătuirea corpului tuturor viețuitoarelor intră un mare număr de elemente chimice, care se pot evidenția prin analize, elementele se unesc formînd un număr relativ mic de combinații chimice, mai ales organice, combinații care constituie substratul material, fondul, în care se desfășoară fenomenele vitale;

c) *structura internă*. Structura internă este foarte bine adaptată atît la realizarea fenomenelor vitale cît și la schimbările permanente și variate ale mediului în care viețuitorul trăiește, cu care întreține legături permanente și în afara căruia nici nu poate trăi, ființa și mediul constituind un singur tot, o singură unitate;

¹ De la grec. *bios* = viață și *logos* = știință, teorie, vorbire.

² De la grec. *zoon* = animal și *logos* = știință, teorie, vorbire.

d) principala caracteristică a viețuitoarelor însă o formează *metabolismul*¹ lor adică miile de reacții chimice, atât de sinteză cât și de descompunere, care se petrec în fiecare moment, în orice celulă vie. Aceste reacții chimice extrem de variate și de numeroase care au loc în celule nu se desfășoară anarhic, dezordonat; ele se succed într-o ordine strict determinată și foarte fin coordonată, în așa fel încît rezultatul lor este „autoreînnoirea și autoconservarea întregului sistem viu în ansamblu” (Oparin)². În același timp, succesiunea reacțiilor chimice este coordonată riguros și cu condițiile mediului în care trăiește viețuitorul.

Procesele metabolice sînt dirijate, activate și coordonate de către fermenți, substanțe proteice prezente în număr foarte mare în oricare celulă vie.

e) alte proprietăți comune plantelor și animalelor, cum sînt: *creșterea, dezvoltarea, înmulțirea* etc., sînt o consecință a metabolismului și, în special, a laturii numită *asimilație* în virtutea căruia organismul viu poate încorpora din mediul exterior substanțe străine, pe care apoi le poate transforma în compuși chimici, pînă la un anumit punct identici cu aceia din care este format el însuși.

Dar pe lîngă aceste caractere generale, comune tuturor viețuitoarelor, plantele prezintă și o serie de *însușiri proprii*, prin care se deosebesc de animale.

Deosebirile dintre plante și animale însă nu sînt esențiale, calitative, ci de ordin cantitativ. Aproape inexistente la grupările inferioare ca, de exemplu, la flagelatele unicelulare (unele considerate drept plante, altele animale), deosebirea se accentuează pe măsură ce analizăm reprezentanți ai celor două regnuri, situați tot mai sus pe scara lor evolutivă, ajungînd să pară antitetice atunci cînd comparăm, de exemplu, un mamifer cu o plantă angiospermă³. Faptul că la cele două grupe de viețuitoare, plante și animale, unele trăsături de organizare sau unele mecanisme funcționale, deși comune ambelor grupe, au evoluat în mod deosebit, accentuîndu-se la un grup și reducîndu-se pînă la a rămîne abia schițate la celălalt grup, se explică în primul rînd prin particularitățile de hrănire a celor două categorii de viețuitoare. Animalul, pentru a-și putea procura hrana, trebuie să se deplaseze în mediu și s-o caute și, ca urmare, la el se accentuează sensibilitatea și mișcarea, se dezvoltă sistemul muscular, nervos și osos, pe cînd planta, consumînd gaze din aer și apă care conține substanțe dizolvate în ea, în general stă fixată, își mărește tot mai mult numărul de ramuri și de frunze, își întinde și ramifică mereu sistemul radicular din sol, nu are nevoie nici de sistem nervos, nici de mușchi și nici de aparat digestiv.

Cu toate că sînt de ordin cantitativ, caracterele care deosebesc plantele de animale constituie tocmai *trăsăturile lor specifice*, dintre care cele mai importante sînt următoarele:

a) *marea putere de sinteză a plantelor*. Plantele verzi sînt singurele ființe capabile să creeze pe o scară mare substanțe organice complexe pe seama

¹ De la grec. *metabole* = schimbare.

² A. I. Oparin, *Problema originii vieții în lumina realizărilor științelor naturale moderne*. Analele Rom. Sov. Seria Biologie, nr. 2, 1954, p. 11.

³ De la grec. *aggeion* = cavitate, cameră și latin. *sperma* = sămînță.

unor materii anorganice simple: apă, CO_2 , substanțe minerale; frunza verde, cît timp soarele o luminează, este un „laborator” în care se sintetizează substanțe organice: zaharuri, amidon, grăsimi, proteine etc.

Toate substanțele organice din natură oricît de numeroase și de variate ar fi și ori unde s-ar afla la un moment dat (în plantă, în animal sau în om) au trecut prin frunză și au fost elaborate de către aceasta.

În toate celelalte organe și organisme vii, aceste substanțe organice doar se transformă, numai în frunză se creează din nou.

b) *capacitatea plantelor de a depune rezerve de energie în molecula substanțelor organice pe care le sintetizează.* Această energie luată de către plantă de la soare sub formă de lumină este transformată în energie chimică potențială și pusă la dispoziția animalelor, a oamenilor și a plantelor fără clorofilă, energie fără de care viața acestora ar fi imposibilă.

c) tot plantele sînt acelea care *furnizează aerului oxigenul*, gazul atît de necesar și fără de care respirația și deci viața ar fi imposibilă.

Alte caractere proprii ale plantelor, ca: celule înzestrate cu o membrană celulozică, lipsa mișcărilor de locomoție etc. sînt mai puțin esențiale și relative, multe celule vegetale fiind fără membrană și numeroase plante unicelulare: alege, bacterii etc. fiind capabile de mișcări de deplasare în spațiu, avînd chiar cili sau flageli adaptați la această funcție.

Faptul că însușirile comune celor două grupe de viețuitoare sînt numeroase și de ordin calitativ, în timp ce deosebiriile sînt puține, relative și de ordin cantitativ denotă că cele două regnuri, regnul vegetal și regnul animal au o *origine comună*.

Deosebirile actuale dintre ele se explică prin separarea lor în timp și prin căile diferite, divergente, pe care le-au urmat plantele și animalele în decursul evoluției lor istorice multimilenare.

2. ROLUL COSMIC AL PLANTELOR ȘI INSEMNĂTATEA LOR ÎN VIAȚA OMULUI

Cele trei însușiri caracteristice ale plantelor: capacitatea lor de sinteză, aceea de a înmagazina energia și capacitatea de a elibera oxigen, fac din ele cele mai importante ființe din cosmos din punctul de vedere al asigurării perpetuării vieții.

Prin actul asimilației clorofilene sau al fotosintezei¹, plantele verzi produc nu numai atîtea substanțe organice de cîte au ele nevoie la un moment dat, ci mult mai multe, substanțe pe care le depun ca rezerve în fructe, semințe sau alte organe, din care le preiau gata sintetizate toate celelalte ființe fără clorofilă: bacterii, ciuperci, plante superioare parazite, animale și omul. Pe drept cuvînt se poate afirma că frunza verde hrănește întreaga lume vie.

În fiecare moleculă de substanță organică sintetizată de plantă stă înglobată, sub formă de energie chimică potențială, o cantitate de energie egală

¹ De la grec. *phos* (genitiv *photos*) = lumină și *synthesis* = compunere, combinație.

cu numărul caloriilor pe care planta le-a „răpit” de la soare — sursă de energie extraterestră — în momentul sintezei sale, și pe care o pune la dispoziția ființelor fără clorofilă. Acestea din urmă, distrugând molecula organică, vor elibera energia din ea și o vor transforma într-o serie de alte forme caracteristice de energie: nervoasă, motrice, de creștere etc.

Ca și legendarul Prometeu despre care se spune că a furat de la zei focul și l-a dat oamenilor, plantele captează energie de la un izvor situat în afara Pământului și o pun la dispoziția ființelor de pe Pământ.

Cărbunii, petrolul și gazele naturale, de care se leagă atât de strâns istoria civilizației umane, reprezintă rezerve de energie naturală, pe care le-au depozitat în corpul lor fie plantele care au trăit cu milioane de ani înaintea apariției omului pe pământ, fie animalele, care le-au putut înmagazina tot prin intermediul plantelor.

Oxygenul, care a făcut respirabil aerul pentru cele dintâi ființe vii, și fără de care nu pot trăi nici astăzi marea majoritate a viețuitoarelor, este dat acestora tot de către plante, care-l pun mereu în libertate în decursul aceluiași act al fotosintezei.

Un alt rol cosmic important al plantelor este acela că prin intermediul lor se efectuează un circuit neîncetat al substanțelor în natură.

După cum au dovedit-o analizele chimice, în corpul plantelor se găsesc peste 60 din cele 103 elemente cunoscute de chimie, proporții mai mari prezentând carbonul, oxygenul și hidrogenul, alături de care sînt nelipsite azotul, fosforul, sulful, potasiul, magneziul etc.

Pentru plante, sursa de aprovizionare cu aceste substanțe o constituie solul și aerul. Dacă plantele de la începutul apariției lor și pînă astăzi numai ar fi consumat aceste elemente fără a le restitui naturii, ele s-ar fi epuizat demult și existența vieții ar fi încetat și ea. Un rezultat tot așa de nefavorabil pentru viețuitoare s-ar fi obținut și în cazul în care pe Pământ ar fi existat numai plante verzi, care ar fi sintetizat mase atât de mari de substanțe organice, încît acestea le-ar fi sufocat și strivit.

Nu s-a petrecut nici una dintre aceste alternative deopotrivă de funeste pentru viață, deoarece paralel cu sinteza substanțelor organice din elemente și materii anorganice de către plantele verzi are loc și descompunerea substanțelor sintetizate, pînă se ajunge din nou la elemente. Această descompunere se face prin respirația animalelor și a plantelor, prin putrezirea corpului viețuitoarelor după moarte, datorită bacteriilor care populează toate mediile de viață, dar descompunerea se datorește în bună parte și activității celorlalte plante lipsite de clorofilă: ciuperci, plante parazite și saprofite. Prin activitatea tuturor acestora se redau naturii elementele chimice inițiale, care prin intermediul plantelor vor servi drept materii prime pentru noi sinteze. În acest mod se desfășoară în natură un *circuit continuu* al materiei, grație căruia niciodată nu se epuizează substanțele minerale din univers și nu există nici pericolul dispariției vieții sub povara nesfîrșită a substanțelor organice. Rolul plantelor verzi în desăvîrșirea acestui circuit este imens, fără ele procesul amintit nici n-ar putea avea loc.

Acest circuit al materiei pe Pământ prin intermediul plantelor însă nu trebuie înțeles ca făcîndu-se după un cerc închis, veșnic același. Deplasarea

elementelor în natură se face după o spirală, reprezentînd o ascensiune de la inferior la superior, de la simplu la complex. În decursul „peregrinării” ei prin natură, materia realizează o neîncetată schimbare, o evoluție, circuitul ei în natură, prin plante, reprezentînd una din manifestările legii universale de dezvoltare.

Și în viața omului plantele joacă un rol deosebit de important, ele furnizînd o serie de *alimente* de bază, cum sînt: pîinea, orezul, cartofii, fructele de tot soiul și produsele din fructe (marmelada, siropurile, sucurile de fructe), legumele, apoi zahărul, ceaiul, cafeaua, uleiurile vegetale, vinul și alte băuturi naturale.

Plantele servesc apoi drept furnizoare de *materii prime* pentru o serie de ramuri industriale, cum sînt: industria alimentară, a mobilelor, a hîrtiei și celulozei, a cauciucului, industria textilă, farmaceutică etc. Multe medicamente, materii colorante, taninuri, uleiuri eterice, parfumuri, rășini, vitamine, antibiotice etc. se extrag tot din plante.

Hrana animalelor care produc lapte, ouă, carne etc., constă din furaje, fructe sau semințe de plante.

Plantele *ornamentale* care înfrumusețează apartamentele, grădinile de flori sau parcurile publice fac viața omului mai plăcută și-l stimulează pe acesta la muncă și în activitățile lui creatoare. Numeroși sînt poeții, pictorii sau muzicienii care s-au inspirat în operele lor din viața plantelor.

Prin vaporii de apă pe care-i elimină în transpirație, prin obstacolul pe care-l opun vînturilor devastatoare, prin frunzișul căzut care reține apa ca un burete, prin umbra lor, plantele și, în special, pădurile sînt regulatoare naturale ale climei dintr-o anumită regiune.

Trebuie să accentuăm că nu numai plantele superioare, cu flori și fructe, la care ne-am referit cu precădere în cele enunțate, ci chiar plantele unicelulare sau microscopice își aduc aportul — direct sau prin intermediul animalelor — la ușurarea vieții omenirii. Multe alge roșii sau brune sînt direct comestibile, altele curăță apa și o fac respirabilă pentru animalele marine, o serie de alge verzi formează adevărate „pășuni” oceanice etc.

Microscopica celulă a algei *Chlorella* își păstrează funcțiile-i vitale și în timpul zborurilor cosmice și importanța sa ca izvor de hrană vie și ca agent care primește aerul pe care-l îmbogățește cu oxigen este de prim rang pentru cosmonauți.

3. BOTANICA ȘI DISCIPLINELE BOTANICE

Cu secole în urmă, cunoștințele referitoare la plante și problemele pe care și le puneau botaniștii erau așa de puține, încît nu se simțea nevoia ca în cadrul disciplinei botanice să se constituie ramuri sau discipline parțiale.

Începînd cu secolul al XVIII-lea însă, datorită dezvoltării producției agricole, care cerea o mai bună exploatare a pămîntului, și o dezvoltare din ce în ce mai mare a industriilor ce utilizau ca materie primă produsele vegetale, cunoștințele privitoare la plante s-au diversificat, domeniul

botanicii s-a lărgit și adâncit în așa măsură, încât a permis separarea din botanică a unei întregi serii de ramuri, care formează o mare familie de discipline botanice.

Îmbogățirea utilajului tehnic al laboratoarelor și dezvoltarea tehnicii microscopice au permis progresul rapid al acestor discipline botanice, care astăzi au probleme și metode de lucru proprii.

După punctul de vedere din care privim plantele, disciplinele botanice cele mai importante sînt următoarele:

a) *Morfologia*¹ plantelor este ramura botanicii care studiază forma exterioară și structura interioară a organismelor vegetale, variațiile formei și structurii sub influența mediului, precum și legile apariției acestor variații.

La rîndul ei, morfologia plantelor cuprinde două ramuri distincte: *morfologia externă* sau *organografia*² și *morfologia internă* sau *anatomia*³, aceasta din urmă avînd ca principale obiective studiul celulei vegetale sau *citologia* și studiul țesuturilor vegetale sau *histologia*, precum și modul de aranjare al celulelor și țesuturilor în organele plantelor.

b) *Sistematica plantelor* sau *taxonomia*⁴ este ramura botanicii care clasifică plantele, stabilind ordinea lor naturală de înrudire și de evoluție. Clasificarea plantelor se face prin gruparea tuturor formelor cunoscute astăzi și a celor care s-au stins în epoci geologice trecute, într-un tablou numit *sistem natural de clasificare*, în care plantele sînt înșirate urmînd calea de la simplu la complex, ținînd seama și de descendența lor unele din altele.

Sistematica se bazează în primul rînd pe datele morfologiei, dar ea utilizează și rezultatele altor discipline botanice.

După unitățile sistematice pe care le studiază, sistematica se subîmparte într-o serie de alte discipline mai mici, cum sînt: *algologia*, *micologia*⁵, *lichenologia*, *briologia*⁶ etc., care se ocupă respectiv de alge, ciuperci, licheni, mușchi etc.

c) *Fiziologia*⁷ plantelor studiază procesele activității vitale a plantelor: nutriția, schimburile de gaze, creșterea, dezvoltarea, mișcările etc., utilizînd datele anatomiei vegetale în primul rînd, dar și ale biochimiei, biofizicii etc.

d) *Geobotanica*⁸, *fitogeografia*⁹ sau *geografia plantelor* studiază răspîndirea plantelor pe glob, a celor de astăzi și a celor dispărute, căutînd să descopere legile care guvernează această răspîndire.

¹ De la grec. *morphe* = formă și *logos* = știință, teorie, vorbire.

² De la grec. *organon* = organ și *graphein* = a scrie.

³ De la grec. *anatemnein* = tăia.

⁴ De la grec. *taxis* = rînduială și *nomos* = lege.

⁵ De la grec. *mykes* = ciupercă și *logos* = știință, teorie, vorbire.

⁶ De la grec. *bryion* = mușchi.

⁷ De la grec. *physis* = natură.

⁸ De la grec *gea* = pămînt.

⁹ De la grec. *phyton* = plantă.

e) *Ecologia*¹ plantelor studiază factorii de mediu în care trăiesc plantele și relațiile reciproce dintre plante și mediu.

f) *Fitocenologia*² sau *chorologia*³, încadrată după unii botaniști în geografia plantelor, cercetează grupările naturale de plante numite *asociații* sau *fitocenoze*, căutând să stabilească legile asocierii plantelor și cauzele transformării sau succesiunii fitocenozelor.

g) *Fitopaleontologia*, *paleobotanica*⁴ sau *cronologia*⁵ este ramura botanicii care se ocupă cu plantele fosile, cercetînd apariția, dezvoltarea și răspîndirea lor în trecutul Pămîntului, dînd prețioase informații privind modul cum au luat naștere plantele actuale din strămoși comuni, dispăruți, și permițînd stabilirea gradului lor de înrudire sau *filogenia*⁶ lor.

Ramurile aplicate ale botanicii. Dacă disciplinele enumerate pînă aici se ocupă cu precădere de probleme științifice sau teoretice legate de anumite aspecte din viața plantelor, trebuie menționat că, mai ales în secolul nostru, au luat o mare dezvoltare o serie de ramuri aplicate ale botanicii, dintre care menționăm :

h) *Botanica farmaceutică* sau *medicală*, avînd ca obiect studiul plantelor medicinale.

i) *Botanica silvică* sau *dendrologia*⁷, care studiază plantele arborescente cultivate sau spontane,

j) *Botanica agricolă* sau *agrobotanica*, știința botanicii aplicată la plantele agricole, care are o sferă largă de aplicabilitate în : *fitotehnie*⁸ sau tehnica culturii plantelor de cîmp, *viticultură*, *legumicultură*, *pomicultură*, *floricultură*, *fitopatologie*⁹, care studiază bolile plantelor și mijloacele prin care se pot combate etc.

Lista disciplinelor botanice ar putea fi încă mult amplificată, deoarece pe măsura perfecționării mijloacelor de cercetare, a aprofundării cunoștințelor privitoare la plante și a aplicării practice a acestor cunoștințe, se nasc noi și noi ramuri, care abordează probleme noi și le rezolvă prin metode noi, îmbogățînd familia disciplinelor botanice. Astfel sînt *genetica vegetală* și *citogenetica*, care se ocupă cu studiul eredității și variabilității plantelor, *biologia moleculară*, *citofiziologia* etc.

Ramurile botanicii care studiază întreg regnul vegetal, cum sînt : morfologia, sistematica, fiziologia, ecologia etc., sînt reunite sub numele de *botanică generală*, termen utilizat astăzi numai în scop didactic, pe cînd alte ramuri care se preocupă de probleme mai deosebite sau care se referă numai la un anumit grup restrîns de plante se consideră ca aparținînd *botanicii speciale*. Deosebirea dintre aceste două grupuri de discipline este

¹ De la grec. *oikos* = casă.

² De la grec. *koinos* = împreună.

³ De la grec. *choros* = ceată.

⁴ De la grec. *palaaios* = vechi.

⁵ De la grec. *chronos* = timp.

⁶ De la grec. *phylle* = trunchi și *genesis* = naștere.

⁷ De la grec. *dendron* = arbore și *logos* = știință, vorbire, teorie.

⁸ De la grec. *technikos* = artă (tehnică) și *phyton* = plantă.

⁹ De la grec. *phyton* = plantă, *pathos* = suferință, boală.

însă artificială, între ele neexistînd limite precise, oricare disciplină botanică putînd fi generală sau specială, după punctul de vedere pe care se situează cercetătorul.

Morfologia plantelor, care face obiectul prezentului manual, este o disciplină de bază a botanicii și se încadrează în grupa de discipline care formează botanica generală.

La morfologie se dau toate noțiunile referitoare la celulă, țesuturi și organele plantelor necesare pentru a putea apoi înțelege celelalte discipline botanice, în primul rînd sistematica și fiziologia plantelor, dar și ecologia, geobotanica cu ramurile ei, genetica și disciplinele botanicii agricole, dendrologia, botanica farmaceutică etc.

Noțiunile de morfologie dau o solidă cultură de specialitate celor care se preocupă de viața plantelor și le trezesc dorința de a cunoaște cît mai multe dintre fenomenele și legile naturii, avînd o deplină aplicabilitate practică și un important rol educativ.

În același timp, morfologia plantelor permite să se studieze istoria lumii vegetale.

Pentru sistematizare, materialul de morfologie cuprins în acest manual îl vom împărți în patru capitole, și anume:

Capitolul I — *Citologia vegetală*.

Capitolul II — *Histologia vegetală*.

Capitolul III — *Morfologia și anatomia organelor vegetative ale plantelor*.

Capitolul IV — *Înmulțirea plantelor, morfologia și anatomia organelor de înmulțire*.

Metodele de studiu utilizare în morfologie sînt mai ales două: *observația* și *experiența*.

Observația se poate executa cu *ochiul liber* sau „*neînarmat*”, mai ales cînd ne referim la forma exterioară, mărimea, culoarea etc. organelor plantelor, și cu *ochiul „înarmat”*, folosindu-ne de o serie de aparate și instrumente, în special de lupă și microscop. Pentru a-și atinge scopul, observația trebuie să îndeplinească trei condiții, și anume:

— să fie *exactă*, ceea ce înseamnă că observatorul trebuie să utilizeze toate simțurile sale care-i pot da relații în legătură cu fenomenul observat, precum și toate instrumentele capabile să-i amplifice acuitatea imperfectă a organelor sale de simț;

— observația trebuie să fie *completă*, adică în timpul efectuării ei, observatorul trebuie să înregistreze absolut toate fenomenele, fără a omite nici un amănunt, oricît de neimportant i s-ar părea;

— observația, în fine, trebuie efectuată *fără idei preconcepțute*, concluziile trebuie trase numai în urma și pe baza observațiilor exacte și complete și nu înainte. Procedînd invers, observatorul este tentat să înregistreze numai fenomenele care-i confirmă judecata sa apriorică și să omită pe cele care i-o contrazic.

Experiența este necesară și ea trebuie să verifice și să întregască observația.

Prin experiență, omul de știință poate reproduce fenomenul observat în natură, în condiții noi de laborator, alese de el. Fenomenele complexe pot fi „descompuse” de experimentator în alte fenomene simple, pe care, după ce le studiază unul câte unul, acesta poate reproduce fenomenul complex, trecînd apoi la căutarea legăturilor dintre fenomenele parțiale și la găsirea cauzelor care le generează.

4. SCURT ISTORIC AL DEZVOLTĂRII CUNOȘTINȚELOR DE MORFOLOGIE A PLANTELOR

Principalele probleme de morfologia plantelor au istorii foarte deosebite. În timp ce observații privitoare la forma, mărimea, culoarea și alte însușiri ale plantelor s-au făcut de la începutul existenței omenirii, celula vegetală, țesuturile și anatomia organelor au putut fi studiate numai cu ajutorul microscopului, deci după inventarea acestuia, pe la mijlocul secolului al XVII-lea.

Așa fiind, este logic să tratăm separat istoricul morfologiei, pe cel al citologiei și pe cel al anatomiei.

Morfologia plantelor își are o istorie a cărei început se pierde în negura trecutului omenirii. Primele cunoștințe referitoare la plante datează de aproximativ 3 000 de ani înaintea erei noastre. Pe atunci trăia în China celebrul *Y e n-T i*, primul om care a învățat popoarele Asiei să recunoască plantele utile și să le cultive. Învățăturile lui au fost adunate și redactate într-o mare operă intitulată *Tson-King*, pe la anul 2200 î.e.n., în care sînt date descrierile, proprietățile și procedeele de cultură pentru peste 100 de plante, printre care: grîul, orezul, sorgul, meiul, mazărea etc. Caracterul botanicii chineze era unul practic, dîndu-se atenție în special plantelor alimentare.

Dimpotrivă, civilizația hindusă atribuia plantelor „virtuți speciale” și „însușiri miraculoase”, aducătoare de noroc, de sănătate, dătătoare de forță, dîndu-le o semnificație religioasă, sfîntă. Așa sînt tratate plantele în celebrele cărți religioase ale indienilor numite *Vede*, datînd din mileniul al 2-lea î.e.n.

Astfel de concepții religioase asupra plantelor au fost preluate de la indieni de către caldeeni și transmise popoarelor din Asia occidentală, care și ele utilizau plantele în magie și în practicile științelor oculte.

Grecii, dimpotrivă, tratează plantele dintr-un punct de vedere științific. Cei mai vechi savanți greci considerau deja plantele ca ființe, ca și animalele. Din prima epocă de înflorire culturală și științifică a Greciei antice, care a avut loc din secolele al VI-lea pînă în al IV-lea î.e.n., merită să fie

amintite numele filozofilor *Anaxagoras*, *Empedocles*, *Democrit* (toți din sec. V î.e.n.), *Aristotel* și *Theophrast* din secolul al IV-lea î.e.n.

Celebrul filozof *Aristotel* (384-332 î.e.n.), acest „geniu multilateral al antichității”, a avut și preocupări privind lumea vie, despre care afirma că formează un tot indivizibil, plantele și animalele prezentînd o unitate de structură.

Theophrast (370-283 î.e.n.), discipol al lui *Aristotel*, se ocupă în mod special de botanică, fiind considerat ca unul din cei mai de seamă botaniști ai antichității. În operele sale *Cauzele plantelor* și *Cercetarea plantelor*, el împarte plantele în arbori, arbuști, semiarbuști și ierburi, definind fiecare din aceste tipuri. Este primul care face deosebirea dintre cotiledoane și frunzele verzi, dintre structura palmierilor și a altor copaci și afirmă că plantele au corpul format din trei părți: rădăcină, tulpină și frunze.

La romani, latura teoretică dezvoltată de greci a fost îmbinată cu latura practică. Din punctul de vedere al dezvoltării cunoștințelor botanice, în primul secol al erei noastre doar două nume merită a fi citate:

Dioscoride, medic grec, care a însoțit legiunile romane în multe expediții militare, inclusiv în cele din Dacia (101-102 și 105-106 e.n.). Ca medic, firește, îl interesau în primul rînd proprietățile curative ale plantelor, pe care le clasifică în patru grupe: aromatice, alimentare, medicinale și veninoase. În opera lui *De materia medica* descrie peste 700 de plante. Cartea lui s-a bucurat de un mare succes și, pînă la mijlocul evului mediu, a fost considerată ca unicul ghid de botanică.

Plinius Secundus sau *Pliniu cel Bătrîn* (24-79 e.n.), care a trăit în orașul Pompei, a fost un mare enciclopedist. În opera sa *Historia naturalis*, cuprinzînd 37 de cărți, consacră 16 cărți studiului plantelor, în care descrie peste 1 000 de specii, dar fără vreo clasificare sau ordine și fără spirit critic. Legende, povestiri fantastice și superstiții abundă în cărțile sale. Numele date plantelor de către *Pliniu* sînt acelea ale unor personaje mitologice, ca: *Achillea*, *Adonis*, *Daphne*, *Narcissus*, *Nymphaea*, *Hyacinthus* etc.

Încercînd să dăm o caracterizare generală dezvoltării cunoștințelor despre plante în antichitate, vom nota, în rezumat, următoarele:

a) Cu toate că primele cunoștințe ale oamenilor despre plante datează din timpuri imemorabile, procesul dezvoltării științei despre plante începe abia o dată cu apariția orînduirii sclavagiste.

b) În timpul orînduirii sclavagiste, științele erau contopite cu filozofia, de care au început să se desprindă abia spre sfîrșitul acestei epoci.

c) Datorită nivelului foarte scăzut al tehnicii din acel timp procesele din natură n-au putut fi cercetate experimental. Învățații naturaliști s-au limitat la o activitate de adunare și acumulare de material din domeniul științelor naturii. De-abia după apariția lucrărilor lui *Theophrast*, botanica devine o știință de sine stătătoare.

După căderea Romei (476 e.n.), științele au căpătat o puternică dezvoltare în țările de limbă arabă. Din punct de vedere al evoluției științei despre plante merită să fie amintită contribuția adusă de Ibn-Sînă, cunoscut sub numele de Avicenna (aproximativ 980-1037 e.n.), care a descris multe plante noi, necunoscute până la el, El-Biruni (sec. XI) și Kazuini (sec. XIII), care au descris și denumit noi plante, unele numiri de-ale lor dăinuind până astăzi în botanică, cum sînt, de exemplu, *Oryza*, *Alkana*, *Alkekengi* etc.

Noile descoperiri geografice din secolul al XV-lea, călătoriile spre Indii, Africa și în diferite alte părți ale lumii au lărgit considerabil orizontul învățaților. Descoperirea Americii și inventarea tiparului au influențat foarte mult și în sens pozitiv dezvoltarea științelor, inclusiv a botanicii.

Reacția împotriva pseudoștiinței medievale începe în primul rînd în Germania, unde „părinții botanicii germane” din secolul al XVI-lea: C. Brunfels, L. Fuchs și H. Bock-Tragus publică o serie de lucrări botanice, cunoscute sub numele de „Kräuterbuch”-uri¹.

Din această perioadă a secolelor al XVI-lea și al XVII-lea trebuie amintiți și botaniștii: C. Gesner, din Zürich (1516—1565), care a dat importanța cuvenită florilor în clasificția plantelor, J. Jung (Jungius) (1587—1657), considerat drept unul din fondatorii morfologiei plantelor, care descrie în lucrările sale forme de tulpini, tipuri de frunze și de inflorescențe, multe numiri ale acestora din urmă date de el (spic, corimb, umbelă etc.) păstrîndu-se pînă astăzi în morfologie; J. Ray (1628—1705) a folosit primul numărul cotiledonelor drept criteriu de clasificare al plantelor.

Începînd cu secolul al XVIII-lea, dezvoltarea morfologiei, ca de altfel și dezvoltarea celorlalte ramuri ale botanicii, ia un mare avînt. Numărul învățaților care se dedică studiului plantelor crește mereu, și ne este imposibil să urmărim activitatea lor în amănunt.

Istoria morfologiei plantelor, începînd cu secolul al XVIII-lea și pînă astăzi, poate fi împărțită, într-un mod cu totul general, în patru perioade, și anume:

- a) perioada morfologiei descriptive sau perioada linneană;
- b) perioada morfologiei comparate sau perioada goetheană;
- c) perioada morfologiei evoluționiste — experimentale sau perioada darwinistă;
- d) perioada actuală.

Perioada descriptivistă sau linneană cuprinde aproape întreg secolul al XVIII-lea și este dominată de personalitatea botanistului suedez C. Linne (1707—1778).

Direcția dezvoltării botanicii în acest timp era *descriptivă*: se descriau speciile de plante, al căror număr creștea considerabil datorită dezvoltării comerțului și navigației în perioada marilor descoperiri geografice.

¹ „Cărți despre buruieni” (un fel de determinatoare)

Imensul material vegetal colectat trebuia clasificat. Această gigantică muncă de natură morfologică și terminologică a fost îndeplinită de C. L i n n é. Acesta a botezat toate plantele cunoscute pînă la el cu un nume latinesc compus din două cuvinte, primul reprezentînd numele *genului*, al doilea pe cel al *speciei*. De asemenea, Linné a construit și un sistem artificial de clasificare a plantelor. În ce privește concepția, Linné era un adept al creaționismului și fixității speciilor, deși avea și „presimțiri” transformiste.

Pe vremea lui Linné, scopul cercetărilor morfologice era descrierea de plante noi sau forme noi ale organelor de plante. Metoda era și ea descriptivă. Morfologia plantelor era considerată ca o disciplină secundară pusă în slujba sistematicii. Despre probleme proprii de morfologie nu putea fi vorba.

Meritul nepieritor al lui Linné nu este sistemul său artificial de clasificare a plantelor, pe care el însuși îl considera ca ceva provizoriu. Într-adevăr, Linné însuși simțea că el n-a rezolvat o problemă capitală: aceea de a lega între ele plantele care prezintă caractere comune. Meritul considerabil al lui Linné pentru contemporanii și urmașii săi se datorește *nomenclaturii binare* precise, pe care el a introdus-o în știință și care, din 1750 pînă astăzi, este adoptată de toți sistematicienii.

Perioada morfologiei comparate sau goetheană. Cartea marelui poet, naturalist și filozof german G o e t h e, intitulată *O încercare de a explica metamorfoza plantelor*, apărută în 1790, a pus bazele unei noi etape în dezvoltarea morfologiei plantelor.

În această carte, în urma unor îndelungate observații privind structura și dezvoltarea plantelor, Goethe emite ideea naturii comune a tuturor organelor plantelor.

După Goethe, toate organele epigeice ale plantelor au aceeași origine și reprezintă modificări de formă ale unuia și aceluiași organ: *frunza*.

Procesul de modificare a formei unui organ l-a numit Goethe *metamorfoză*¹, fiind primul care a introdus acest termen în știință. El distinge trei variante de metamorfoză: progresivă, regresivă și ocazională. După Goethe, forma este ceva „care se mișcă”, care „devine”. Studiul formei este, după el, „studiul prefacerii”.

Problema unității și metamorfozei organelor plantelor a fost prima problemă independentă de morfologie.

Aceste idei ale lui Goethe au avut o influență pozitivă asupra dezvoltării morfologiei. Dacă pe vremea lui Linné dorința botaniștilor era să adauge o formă nouă de organ la cele foarte multe în care erau grupate frunzele, tulpinile, florile, după Goethe botaniștii au început să caute trăsăturile comune ale plantelor în cadrul diversității de forme. Pînă după jumătatea secolului al XIX-lea, dezvoltarea morfologiei a mers pe linia trasată de Goethe, aceea a metamorfozei unitare a organelor plantelor.

¹ De la grec. *meta* = după și *morphe* = formă.

În această perioadă s-a strîns un imens material faptic privind structura organismelor vegetale, a apărut *filotaxia*, s-a studiat ontogeneza frunzelor, modurile de ramificație etc.

Perioada morfologiei evoluționiste și experimentale, sau perioada darwinistă. O dată cu triumful teoriei evoluționiste a lui Darwin în biologie, începe o etapă nouă și pentru morfologie. Acum, diversitatea de forme și de structuri morfologice este interpretată materialist, ca reflectînd procesul de adaptare la mediu în cursul filogeniei plantelor.

Apar două curente noi în morfologie: cel *filogenetic* și cel *experimental*, iar morfologia se leagă strîns de fitopaleontologie, fiziologie, ecologie și alte discipline botanice.

Morfologia filogenetică s-a dezvoltat în urma progreselor fitopaleontologiei, care au permis restaurarea aspectului și structurii plantelor din trecutul geologic și descoperirea istoriei lumii vegetale. Un rol important în fundamentarea acestui curent l-au jucat lucrările lui B o w e r, S c o t t, P o t o n i é, Z i m m e r m a n n și alții.

Succesele morfologiei din această perioadă se datoresc aplicării metodei comparativ-filogenetice, adică comparării organelor și structurii generale atît a formelor înrudite, cît și a celor îndepărtate din punct de vedere sistematic.

Cu lucrarea lui H o f m e i s t e r, *Morfologia generală a plantelor* (1868), începe orientarea *experimentală* în morfologie.

Prin 1880 apar lucrările lui G o e b e l privitoare la schimbări în ontogeneza organelor provocate de schimbarea condițiilor de iluminare, umiditate etc., ale lui V ö c h t i n g privitoare la polaritatea plantelor lemnoase, ale lui K l e b s privind modificările modului dezvoltării individuale a plantelor etc.

Perioada actuală a dezvoltării morfologiei se încadrează în revoluția generală produsă în toate științele biologice din zilele noastre. Datorită fundamentării cercetărilor biologice pe principiile materialismului dialectic și dezvoltării fără precedent a tehnicii și a mijloacelor de cercetare s-au dezvoltat sau au luat naștere o serie de ramuri noi ale științei, ca: genetica, citogenetica, biologia moleculară etc., au progresat mult științele „de graniță”, ca: biochimia, biofizica etc. Toate aceste condiții și mijloace au permis să se pătrundă tot mai adînc în studiul fenomenelor intime ale manifestărilor vitale, inclusiv în descifrarea cauzelor morfogenezei și apariția mutațiilor ereditare, dînd omului posibilități tot mai mari de a schimba înșăși natura viețuitoarelor și de a dirija procesele de dezvoltare și morfogeneza ale acestora.

*
* *
*

Spre deosebire de morfologie, *anatomia plantelor* are o istorie mult mai scurtă.

Începuturile ei, ca și întregul ei progres, sînt legate de descoperirea și perfecționarea microscopului, inventat de opticianul olandez J a n s s e n, abia la începutul secolului al XVII-lea.

Primele date de anatomie vegetală ne-au rămas de la fizicianul englez Robert Hooke (1635—1703), cel care a desenat și denumit primul celula vegetală, în anul 1667.

Adevărații fondatori ai anatomiei vegetale au trăit tot în secolul al XVII-lea; ei sînt italianul Marcello Malpighi (1628—1694) și englezul Nehemia Grew (1628—1711).

Savantul medic italian M. Malpighi publică, între anii 1675—1679, cartea sa *Anatome Plantarum*, considerată ca marcînd începuturile anatomiei științifice și ca opera ce va deschide o eră nouă în studiul științei despre plante (fig. 1).

În această operă, ilustrată cu peste 90 de tablouri, autorul descrie anatomia scoarței, trunchiului, mugurilor și frunzelor. Toate organele amintite sînt descrise ca fiind formate din mici „săcușoare” (celule), pe care le numește *utriculi*. În lemn deosebite fibre și tuburi, dintre care primele

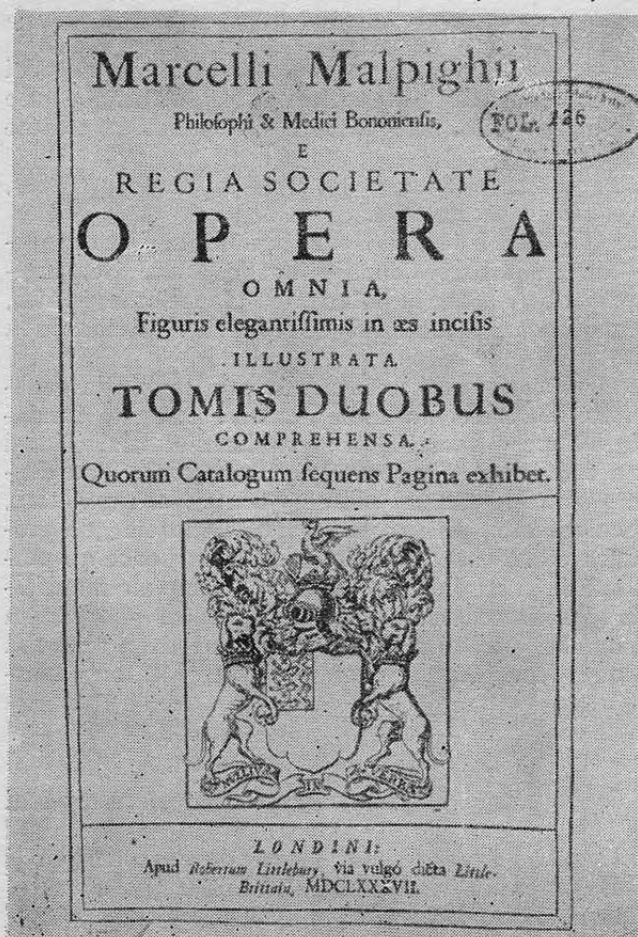


Fig. 1. Coperta cărții lui M. Malpighi.

serve la conducerea apei, iar tuburile (în special cele spiralate), ca și traheele insectelor, serve la respirat. Această părere a lui Malpighi este complet greșită.

Malpighi mai descrie și desenează: sămînța și încolțirea ei, perii, galele, plantele parazite și epifite etc. În explicarea structurii, Malpighi urmează calea analitică; el descrie întîi organul, apoi țesutul și în urmă celulele alcătuitoare. Astăzi calea care se urmează în anatomie este tocmai invers, cea *sintetică*.

Nehemiah Grew, mai puțin celebru decît Malpighi, publică opera în două părți, numită *Anatomy of Plants* (p. I 1671, p. II 1682), în care descrie și desenează anatomia rădăcinii, tulpinii, frunzei, fructelor și semințelor (fig. 2).

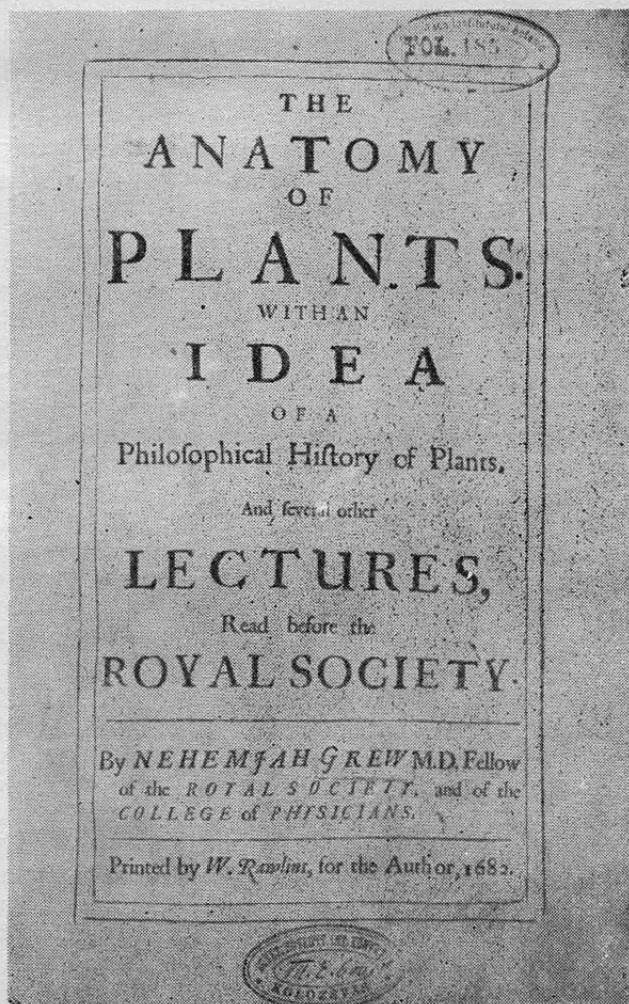


Fig. 2. Coperta cărții lui Grew.

Procedează tot analitic, ca și Malpighi, mergînd de la organe la celule, pe care el le numește *bladders* — băsicuțe. Cartea este ilustrată cu desene mai îngrijite decît cele ale lui Malpighi, multe secțiuni prin lemn putînd fi folositoare și astăzi pentru identificarea diferitelor esențe.

Tot în secolul al XVII-lea, contemporan cu cei doi fondatori ai anatomiei vegetale, fără însă a atinge valoarea acestora, trebuie să amintim activitatea de naturalist a olandezului *Antoni van Leeuwenhoek* (1632—1723), mare șlefuitor de lentile, primul om care a văzut la microscop microbii. Lentilele fabricate de el erau mult superioare celor ale înaintașilor săi. Cu ele Leeuwenhoek a făcut multe observații anatomice, pe care le-a publicat în cartea sa *Arcana naturae*, apărută în 1695 (fig. 3). Din păcate, observațiile sale sînt disperate și făcute din simplă curiozitate, așa încît n-au contribuit mult la progresul științei anatomice.

După Malpighi și Grew, timp de peste 100 de ani, deci întreg secolul al XVIII-lea nu se înregistrează aproape nici un progres în știința anatomiei plantelor, și acest fapt datorită a trei cauze: 1) microscopul din acea vreme erau foarte mari, greoaie și greu de manipulat; spre a le mînuia nu erau de ajuns două mîini; 2) printre oamenii de știință de atunci se instalase părerea că Malpighi și Grew au epuizat tot ceea ce este interesant în materie de anatomie vegetală; 3) personalitatea covârșitoare a lui Linné a făcut să prindă teren părerea după care singura ramură a botanicii, demnă de un adevărat naturalist, este sistematica. Alte ramuri, printre care și anatomia, sînt îndeletniciri de naturaliști-amatori.

Cu începutul secolului al XIX-lea, studiile anatomice iau o dezvoltare din ce în ce mai mare, în paralel cu îmbunătățirea calității microscopelor și cea a tehnicii preparatelor microscopice.

Pe lîngă unele descoperiri disperate, posibile numai cu microscopul mai bune, cum sînt: descoperirea grăuncioarelor de clorofilă în 1828 de către *Meyen*, cea a nucleului de către *Robert Brown*, în 1831, a nucleolului în 1836 de către *Valentin*, în această perioadă s-a petrecut un eveniment epocal, care avea să dea un impuls extraordinar nu numai dezvoltării anatomiei, ci și întregii biologii: elaborarea *teoriei celulare* de către botanistul german *M. Schleiden* (1838) și zoologul german *Th. Schwann* (1839). Asupra teoriei celulare vom insista cu prilejul studiului celulei.

Începînd cu prima jumătate a secolului al XIX-lea, numărul cercetărilor și al descoperirilor în domeniul anatomiei plantelor a crescut enorm, fiindu-ne imposibil să le urmărim în amănunt. Ne vom limita să schițăm, ca și în cazul morfologiei, principalele etape din dezvoltarea acestei discipline, care sînt tot în număr de patru:

a) *Perioada anatomiei descriptive*, în decursul căreia anumiști au privit structura plantelor dintr-un punct de vedere exclusiv *static*: ei se mărgineau să descrie celulele și țesuturile pe care le observau la microscop, fără să-și pună problema rostului funcțional al acestor structuri.

Reprezentantul cel mai de seamă al acestui curent a fost anatomistul german *A. de Bary* (1831—1888).

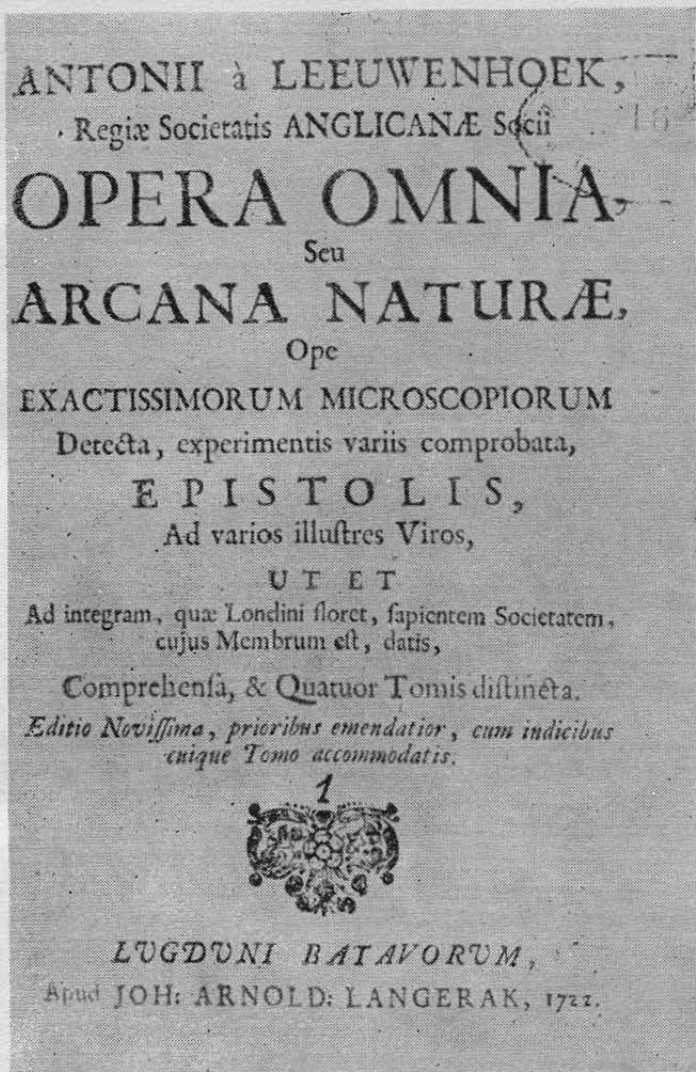


Fig. 3. Coperta cărții
 lui A. van Leeu-
 wenhoek.

b) *Perioada anatomiei fiziologice*, în care preocupările anatomiei nu se mărginesc la descrierea structurilor, ci caută să interpreteze aceste structuri, să le determine funcțiunile.

Reprezentanții cei mai de seamă ai acestui curent au fost botanistul elvețian S. Schwendener (1829—1919) și anatomistul german G. Haberlandt (1854—1945).

c) *Perioada anatomiei protoplasmatică*, care își propune cercetarea în primul rând a substanței vii din celulă. Direcția aceasta a fost inaugurată

în 1929 și a dus la rezultate noi și numeroase, publicate într-o colecție internațională, *Protoplasma*, din care au apărut pînă în 1954, cu întreruperea anilor de război, 43 de volume și care continuă să apară. O altă serie de volume-monografii, inaugurată în 1953 și care continuă, se intitulează *Protoplasmatologia*, în care-și publică cercetările lor privitoare la protoplasmă savanți din lumea întreagă.

d) *Perioada anatomiei experimentale* își propune studiul experimental al plasticității organelor și țesuturilor, legătura dintre structura plantelor și factorii mediului. În această direcție anatomia este strîns legată de practică.

Anatomia experimentală răspunde la întrebări de felul acesta: ce influență are cantitatea și compoziția îngrășămintelor asupra fibrelor de în; unde este localizat precis cauciucul în plantele cauciucoferoase; care esențe pot da hîrtie de calitate mai bună etc. Astăzi, anatomia, ca o ramură a botanicii strîns legată de celelalte discipline botanice înrudite, abordează probleme comune cu acestea, cum ar fi: dinamica dezvoltării structurii, probleme de anatomie sistematică, probleme de anatomie ecologică etc.

5. CERCETĂRILE DE MORFOLOGIE ÎN ȚARA NOASTRĂ

Botaniștii n-au acordat în trecut studiilor de morfologia plantelor importanța pe care au dat-o, de exemplu, sistemicii sau fiziologiei vegetale. Astfel se explică faptul că nu s-a creat în țara noastră o școală morfologică, așa cum s-au creat pentru disciplinele botanice amintite mai sus. Cu toate acestea, din literatura noastră științifică nu lipsesc studiile de morfologie.

Printre naturaliștii români care au publicat valoroase lucrări de morfologie se numără următorii:

Anastasiu Fătu (1815—1886), fost profesor la Universitatea din Iași, care a publicat primul curs românesc de botanică generală, intitulat *Elemente de botanică* (1880), curs care cuprinde, alături de fiziologie, taxonomie, geografie botanică, și histologia și organografia vegetală (fig. 4).

Emanoil C. Teodorescu (1866—1949), eminent om de știință și savant progresist, întemeietorul școlii noastre de fiziologia plantelor, fost profesor la Universitatea din București, a avut o activitate bogată și multilaterală.

Pe lîngă numeroase lucrări de algologie și fiziologie, domenii în care era specialist, Em. C. Teodorescu a publicat și studii de morfologie și anatomie vegetală, dintre care cităm: *Influența diferitelor radiațiuni luminoase asupra formei și structurii plantelor*, *Influența luminii asupra structurii frunzelor*, *Acțiunea indirectă a luminii asupra tulpinii și frunzelor* etc.

În colaborare cu C. T. Popescu, Teodorescu a executat experiențe de inelare incompletă asupra mai multor arbori de la noi, publicînd rezultatele în lucrarea *Asupra țesutului liberian și rolul său în circulația substanțelor organice la plantele superioare* (1915).

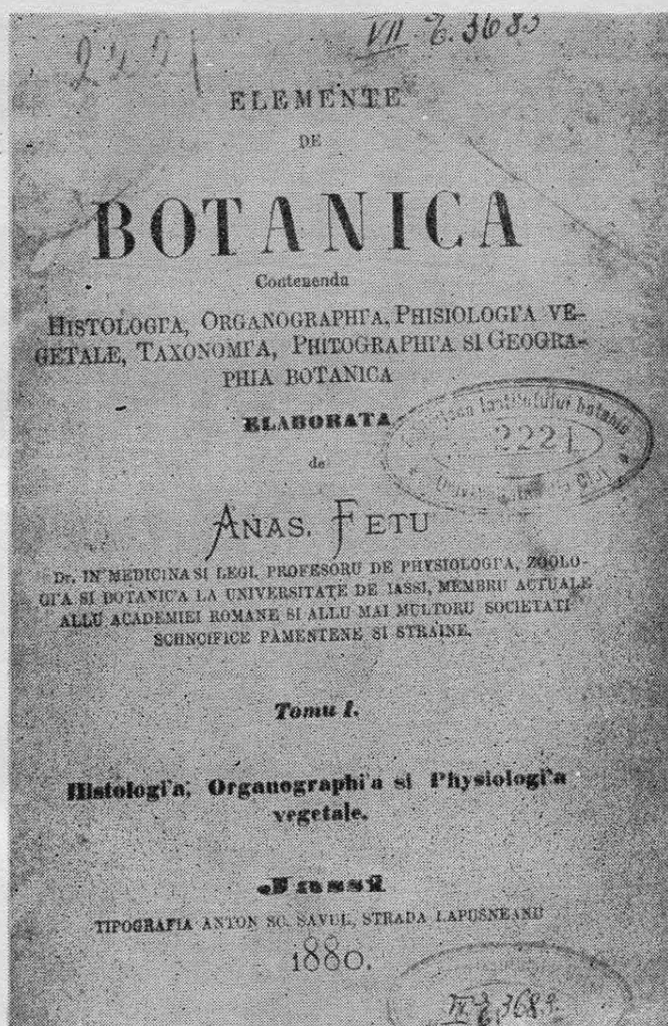


Fig. 4. Coperta primului manual universitar românesc de botanică, redactat de A. Fătu.

Profesorul M. Gușuleac (1887—1960) a publicat, printre altele, studii privitoare la structura fructelor și a propus un sistem original de clasificare a acestora.

În același domeniu a publicat și continuă să publice și prof. I. Tarnavski de la Universitatea din București, precum și lucrări privind morfologia polenului, morfologia cromozomilor etc.

Profesorul A. Popovici de la Iași (1866—1941) s-a ocupat cu structura și dezvoltarea îngroșărilor tegumentului semințelor și fructelor.

Fostul profesor de botanică generală I. Grințescu (1874—1963) de la Universitatea din Cluj, apoi din București, a publicat un amplu curs

de botanică pentru universități, apărut în 5 fascicule (1928—1934), studii de morfologie a algelor, structura pirenoizilor etc.

Cursuri universitare de morfologie au mai publicat și profesorii Alex. Buia de la Craiova, G. Bujoreanu de la Timișoara, I. Ciobanu de la Cluj, I. Morariu de la Brașov, I. Todor de la Pitești.

Academicianul profesor Emil Pop de la Universitatea din Cluj, pe lângă numeroase studii și monografii privind trecutul pădurilor noastre, a publicat și lucrări de morfologie referitoare la formele teratologice de *Equisetum maximum* și cercetări anato-fiziologice la *Anemone*.

În ultimele două decenii în țara noastră a crescut mult numărul facultăților de biologie și științe naturale, precum și al catedrelor cu caracter biologic, atât în universități cât și în alte institute de învățământ superior (institute agronomice, de medicină și farmacie, institute pedagogice etc.). Concomitent a sporit și numărul cadrelor didactice din învățământul superior care abordează, în tematica lor de cercetare științifică, numeroase și variate probleme de botanică, inclusiv de morfologie și anatomie vegetală, a căror simplă enumerare ar depăși cadrul acestui manual.

*Citologia*¹ este disciplina care are ca obiect studiul celulei. Deși foarte tânără, obiectul ei — celula — neputîndu-se vedea decît cu microscopul, datele referitoare la celulă și problemele legate de această unitate morfo-fiziologică a structurii viețuitoarelor sînt atît de numeroase și de variate, încît citologia a încetat de a mai fi un capitol al unei științe biologice și a devenit o disciplină de sine stătătoare, cu problematică și cu metode de cercetare proprii. Datele furnizate de citologie sînt de o importanță capitală pentru anatomie, fiziologie, genetică și alte discipline ale biologiei. Se poate vorbi astăzi despre o *citologie generală* avînd două ramuri speciale: *citologia vegetală* sau *fitocitologia* și *citologia animală* sau *zoocitologia*. Pentru obiectul nostru importanță este citologia vegetală.

Înainte de a aborda problemele propriu-zise ale studiului celulei vegetale să trecem în revistă, pe scurt, etapele principale pe care le-au străbătut cercetările privitoare la celulă.

1. SCURT ISTORIC AL DEZVOLTĂRII CUNOȘTINTELOR DESPRE CELULĂ

Cel dintîi învățat care a observat celula și care i-a dat și numele de celulă², ceea ce înseamnă cameră mică, a fost fizicianul englez R o b e r t H o o k e (1635—1703). Aducînd unele perfecționări primului microscop inventat la începutul secolului al XVII-lea, de către opticienii olandezi H a n s și Z a c h a r i a s J a n s s e n , Hooke a avut curiozitatea să privească prin microscopul său (fig. 5) o secțiune subțire printr-un dop de plută. Ceea ce el a observat în cîmpul microscopic erau o serie de cămăruțe mici asemănătoare cu acelea dintr-un fagure de albine, cămăruțe pe care le-a denumit *cells*, sau pe latinește *cellulae*. În cartea lui, *Micrographia*, publicată în 1667 (fig. 6), Hooke dă primul desen reprezentînd celulele. Hooke era convins că partea cea mai însemnată a celulei vegetale este membrana (celulele de plută, fiind moarte, n-au alt constituent decît membrana). Ideea aceasta greșită a avut o circulație de peste 150 de ani în știință pînă prin anul

¹ De la grec. *cytos* = cavitate, celulă și *logos* = știință, teorie, vorbire.

² De la latin. *cellula*, diminutiv de la *cella* = cameră.

1835, cînd H. M o h l stabilește adevărul că membrana este un produs al activității protoplasmei și nu partea fundamentală a celulei.

Către anul 1670, G r e w și M a l p i g h i au confirmat rezultatele lui Hooke, distingînd la plante chiar două categorii de celule, unele sferice sau ovale, pe care le-au numit *vezicule* sau *utricule* (săculețe), și altele alungite în formă de tub. Deși despre vezicule afirmă că sînt pline cu un conținut gelatinos, cei doi învățați acceptă părerea că membrana este partea principală a celulei. În secolul al XVII-lea deci, deși structura celulară era cunoscută, importanța celulei ca unitate structurală fundamentală a lumii organice nu era înțeleasă.

În secolul al XVIII-lea, tehnica microscopică a realizat progrese remarcabile, care abia peste un secol au început să influențeze în sens pozitiv studiul celulei. Inventarea lentilelor acromatice (1752), inventarea, în secolul următor a obiectivului cu imersie de către A m i c i și C h e v a l i e r (1844), inventarea sistemelor de lentile apocromatice de către A b b é (1876) și construirea unor obiective cu imersie și cu lentile apocromatice de către firma germană de optică Z e i s s (1878) au mărit mult claritatea imaginilor microscopice. Progrese paralele a înregistrat și tehnica confecționării preparatelor microscopice, a fixării și colorării materialului biologic.

La începutul secolului al XIX-lea, în 1809, botanistul francez M i r b e l reia studiul celulelor vegetale. El a emis părerea că celulele plantelor sînt niște cavități săpate într-o materie fundamentală omogenă, și că aceasta și nu celulele reprezintă unitatea de structură a plantelor. Această idee a fost adoptată și de L a m a r c k. Se tindea deci să se atribuie țesutului, și nu celulei, rangul de unitate structurală a organismelor vii. Adevărul a fost restabilit prin experiențele de macerare și izolare a celulelor din țesuturi, efectuate de către M o l d e n h a u e r și D u t r o c h e t (1824).

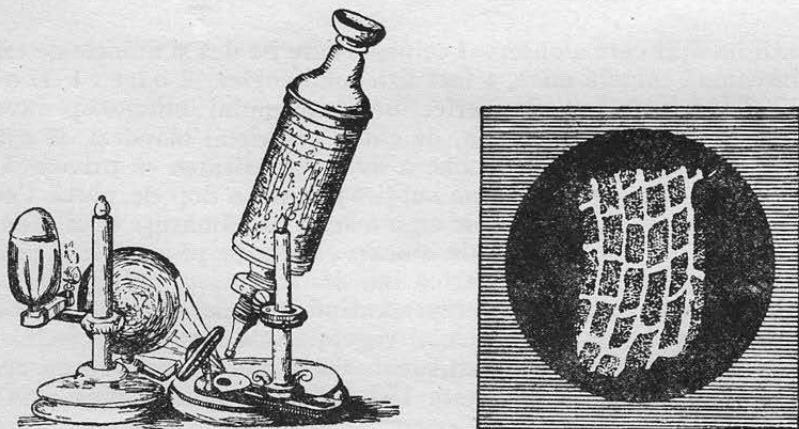


Fig. 5. Microscopul lui R. H o o k e și o figură realizată cu acesta, reprezentînd celule dintr-o secțiune printr-un dop de plută.

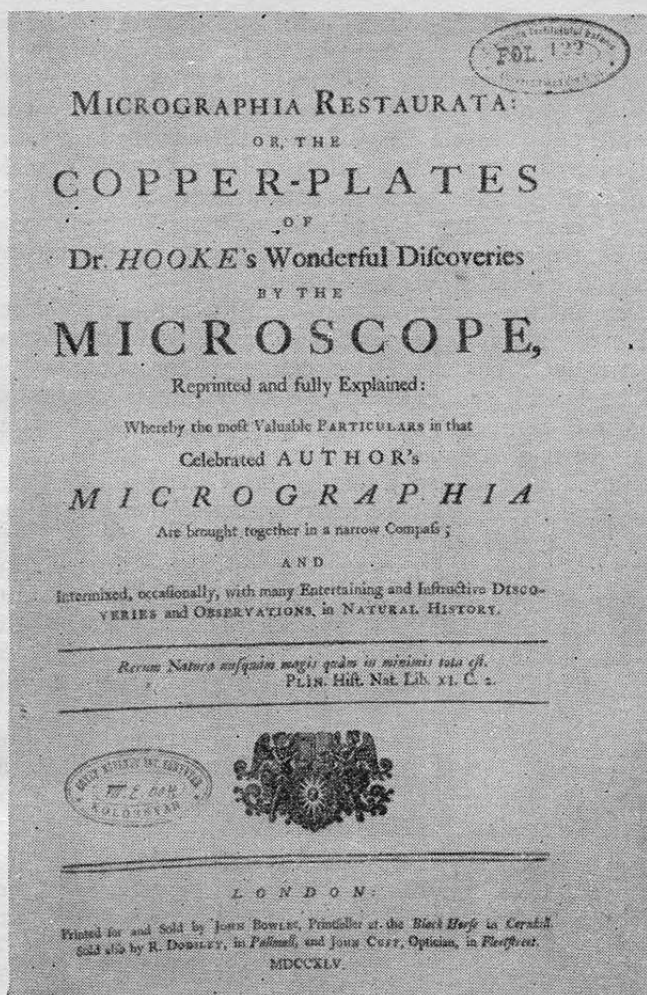


Fig. 6. Coperta cărții lui R. Hooke, Micrographia.

J. E. Purkinje, ca și Dutrochet, dar făcând studii asupra celulelor animale, era înclinat să recunoască celula drept unitate structurală a organismului animal și vegetal, dar ambii erau încă sub influența supraestimării importanței membranei celulare. Botanistul rus P. F. Gorianinov (1796—1865) este primul naturalist care a afirmat clar, în anul 1834, că trăsătura principală de deosebire a organismelor vii față de natura moartă este structura celulară și că „tot ce e viu este format din celule și apare din celulă”.

Nu ne oprim asupra descoperirilor constituenților celulari (protoplasma, nucleu, plastide, condridom etc.) și a lucrărilor efectuate toate în secolul trecut, pe care le vom aminti la studiul organitelor respective, dar trebuie

să insistăm puțin asupra celui mai important eveniment din istoria celulei, petrecut în același secol, al XIX-lea: *elaborarea teoriei celulare* de către botanistul german M. Schleiden (1838) și zoologul german Th. Schwann (1839). Acești doi naturaliști au sintetizat și generalizat toate cunoștințele de pînă la ei referitoare la celulă, într-o teorie încheată și bine fundamentată științific, care poartă numele de *teoria celulară*, ale cărei principale teze sînt următoarele:

a) corpul tuturor viețuitoarelor, atît plante cît și animale, se dezvoltă și este alcătuit din celule. Celula reprezintă unitatea elementară structurală a corpului viețuitoarelor;

b) într-un organism pluricelular, numeroasele celule care trăiesc alături duc o viață independentă. Viața individului pluricelular nu reprezintă altceva decît suma vieților celulelor componente;

c) înmulțirea celulelor se face numai arareori prin diviziune; modul normal de apariție al celulelor noi este nașterea lor spontană, neoformarea lor dintr-o substanță mucilaginoasă existentă în celule sau între celule, numită *citoblastem*. În sînul citoblastemului, noile celule ar apărea după aceleași legi după care apar cristalele într-o soluție saturată.

Teoria celulară a lui Schleiden și Schwann conține numeroase erori, atît sub aspectul raporturilor reciproce dintre celule cît și a modului lor de înmulțire. De asemenea, și autorii ei continuau să atribuie membranei celulare o importanță mai mare decît oricărui alt organit.

Cu toate imperfecțiunile sale însă, teoria celulară a corespuns pentru acea perioadă. Ea a avut un mare răsunset și a impulsionat foarte numeroase studii de citologie, anatomie și histologie, care au dus la progresul științelor biologice, în general, și la cunoașterea detaliilor de structură a celulei, în special. Teoria celulară a definitivat ideea unității de structură a plantelor și animalelor, înlăturînd prăpastia care, după părerea multor naturaliști de mai înainte, ar despărți cele două regnuri.

F. r. Engels în *Dialectica naturii* apreciază pozitiv teoria celulară și o socotește în rîndul celor trei mari descoperi din secolul al XIX-lea în științele naturii. După 20 de ani de la formularea teoriei celulare savantul german R. u. d. o l f V i r c h o w (1821—1902), căutînd să o dezvolte, accentuează tocmai laturile negative ale acesteia (1859), și anume reafirmă independența celulelor dintr-un organism pluricelular, pe care-l consideră drept un „stat celular” și neagă posibilitatea formării „din nou” a celulelor. De la Virchow a rămas celebrul aforism „*Omnis cellula e cellula*” (fiecare celulă derivă din altă celulă).

Perfecționările succesive ale utilajului tehnic de laborator și a metodelor de cercetare a celulei, din ultimul sfert al veacului trecut și primul sfert al secolului nostru, au permis descrierea formei și structurii microscopice a celulei vegetale și a părților sale constitutive.

Rezultatele remarcabile ale cercetărilor citologice dintre anii 1870 și 1930, ale căror date constituie „*citologia clasică*”, au permis alcătuirea unei scheme relativ stabile a structurii celulei vegetale, care, pînă prin anul 1940 n-a suferit decît modificări de detaliu.

Aceste date au arătat, printre altele, că diferențele exterioare așa de frapante care există între organismele izolate, se atenuează de îndată ce se ajunge la dimensiunile celulei. Există un număr limitat de tipuri de celule în organismele vii, iar numeroasele deosebiri dintre plante și animale se reduc la nivel celular la un mic număr de caractere privind planul de organizare al acestora.

Acest lucru este valabil într-o măsură și mai mare dacă se trece din domeniul microscopic în cel inframicroscopic, posibilitate oferită de aplicarea microscopiei electronice la studiul celulei, începând de prin anul 1950.

Acest instrument de cercetare, cu o putere de separare de circa 400 ori mai mare decât cea a microscopului fonic ($0,001\mu$, față de $0,2\mu$), a permis extinderea cercetării pînă la nivelul ultrastructurilor organelor celulare și atingerea nivelului macromolecular.

Prin aceasta, citologia vegetală face un mare salt calitativ, devenind o „citologie modernă”, avînd ca obiect de studiu macromoleculele, organele celulare în care acestea sînt localizate, activitatea lor specifică ce constituie viața celulară.

La nivelul macromoleculelor, obiectivele citologiei moderne se interferează cu acelea ale biochimiei, ale biofizicii, ale fiziologiei și ale biologiei moleculare.

2. CONSIDERAȚII GENERALE PRIVITOARE LA CELULĂ

a. Tipuri de celule

Celula reprezintă unitatea morfofiziologică fundamentală din care este alcătuit corpul organismelor vii.

În general, celula vegetală este înconjurată de un perete rigid, de natură celulozică, *membrana celulară*, care circumscrie și închide în interior o serie de constituenți, mai importanți fiind *citoplasma* și *nucleul*.

De la această regulă însă sînt numeroase excepții, așa încît se pot distinge mai multe *tipuri de celule*. Astfel:

a) După prezența sau absența membranei, celulele pot fi: *dermatoplaste*¹, înzestrate cu membrană celulozică tare, rigidă, care le dă o formă determinată (așa sînt aproape toate celulele plantelor) și *gimnoplaste*², celule lipsite de membrană celulozică, avînd doar un strat subțire de natură proteică, ceva mai întărit decât restul protoplasmei. Ca urmare, astfel de celule își pot schimba forma și pot executa mișcări de locomoție. Ca exemple de gimnoplaste se pot cita: *mixamibele* de mixomicete

¹ De la grec. *derma* = piele și *plastos* = format.

² De la grec. *gymnos* = gol, nud și *plastos* = format

(fig. 7), *zoosporii* multor alge verzi (fig. 8), *spermatozoizii* plantelor superioare, grupa algeilor *Flagellatae* etc.

b) După prezența și numărul nucleilor, celulele plantelor pot fi: *anucleate*, lipsite de un nucleu distinct. Așa sînt celulele algelor albastre și ale bacteriilor care, deși posedă substanță nucleară aceasta este răspîndită în toată masa protoplasmiei; *uninucleate*, avînd un singur nucleu, așa



Fig. 7. Mixamibe de mixomicete, exemplu de gimnoplaste:

A, B - diferite stadii (după Kursanov).



Fig. 8. Zoosporii algei verzi *Ulothrix*, exemple de gimnoplaste (după Kursanov).

cum sînt majoritatea covârșitoare a celulelor plantelor, și *plurinucleate* sau *cenocite*¹, avînd mai mulți nuclei. La rîndul lor, cenocitele, după modul în care ajung să aibă mai mulți nuclei, se pot grupa în trei categorii: *plasmodii*, *sinciții* și *cenoblaste*. La *plasmodii* (fig. 9), care constituie corpul mixomicetelor și care provin din diviziunea a două mixamibe

uninucleate, numeroșii nuclei provin din diviziunea unui nucleu unic în sinul unei mase de protoplasmă care-și mărește volumul, fără a se împărți în celule. În cazul *sincițiilor*² se unesc mai multe celule uninucleate, membranele despărțitoare dintre ele dispar și, în final, se ajunge tot la o masă de protoplasmă cu mai mulți nuclei. Ca exemplu de sincițiu

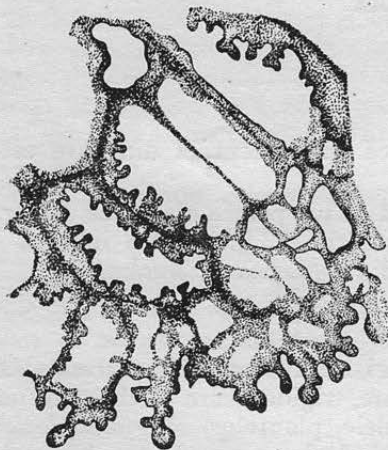


Fig. 9. Plasmodiu de *Fuligo septica* (mixomicetă) (după Kursanov).

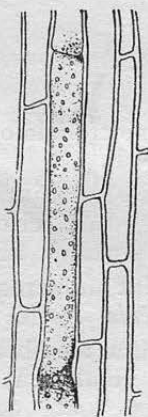


Fig. 10. Laticifere de *Chelidonium majus*, exemplu de sincițiu (după Bonnier).

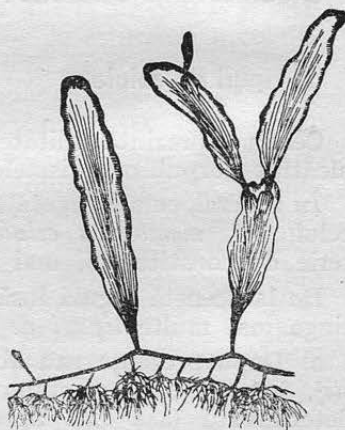


Fig. 11. *Caulerpa*, algă sifonee, exemplu de cenoblast (după Strasburger).

¹ De la grec. *koinos* = împreună și *cytos* = cavitate, celulă.

² De la grec. *syn* = împreună.

se pot cita celulele producătoare de latex (*laticifere*) ale multor plante (fig. 10). *Cenoblastele*, în fine, reprezintă organisme vegetale unicelulare de dimensiuni mari, care au de la început mai mulți nuclei și a căror celulă, prin diviziune, dă naștere la celule-fiice tot plurinucleate. Unele cenoblaste, ca, de exemplu, alga *Caulerpa*, pot atinge dimensiuni pînă la 1 m, și corpul lor imită plantele superioare, avînd o porțiune asemănă-

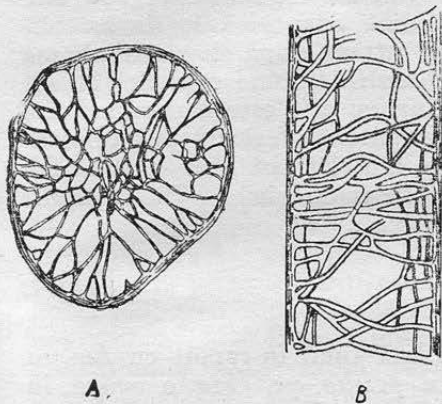


Fig. 12. Secțiune transversală (A) și longitudinală (B) prin cenoblastul de *Caulerpa* (după Strasburger).

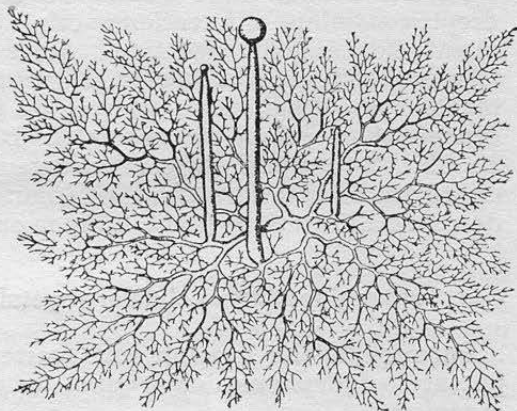


Fig. 13. *Mucor mucedo* cu sporangiofori, exemplu de cenoblast (după Troll).

toare cu un rizom orizontal, de pe care pleacă niște prelungiri asemănătoare cu rădăcinile și altele care imită frunzele (fig. 11). O secțiune transversală și una longitudinală prin oricare din aceste imitații de organe arată clar că este vorba de o singură celulă uriașă avînd o membrană groasă căptușită cu un strat de protoplasmă cu mai mulți nuclei, de pe care pleacă punți, de asemenea plurinucleate, care se încrucișează în toate direcțiile (fig. 12). Alte exemple de cenoblaste sînt miceliile de mucegaiuri (fig. 13) și unele alge, ca *Botrydium granulatum*, care atinge mai mulți milimetri dimensiune și are corpul în formă de vezică plurinucleată și colorată în verde, terminat cu o parte subțiată și ramificată, cu care se înfige în nămolul umed de pe marginea apelor unde trăiește (fig. 14).

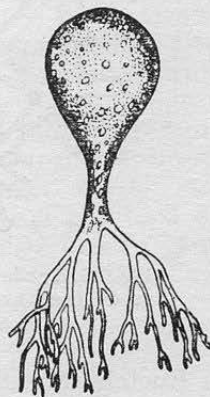


Fig. 14. *Botrydium granulatum*, algă verde, exemplu de cenoblast (după Grințescu).

b. Plante unicelulare și plante pluricelulare

Multe plante inferioare au corpul format dintr-o singură celulă. Astfel de plante se numesc *unicelulare*. Unica celulă în acest caz reprezintă întregul individ

și ea îndeplinește singură toate funcțiile vitale, inclusiv înmulțirea. Exemple de plante unicelulare constituie bacteriile, multe ciuperci, ca drojdia de bere, o serie de alge verzi, diatomee etc.

Majoritatea plantelor inferioare însă, precum și toate plantele superioare au organismul format dintr-un număr mare de celule, și se numesc *plante pluricelulare*.

Asocierea unui mare număr de celule într-un organism vegetal are drept consecință diferențierea celulelor, adică adaptarea lor la îndeplinirea unor anumite funcțiuni. Acest fapt atrage după sine schimbarea formei și structurii celulelor și gruparea lor în *țesuturi* speciale. Cu cât planta posedă mai multe categorii de țesuturi cu atât este mai superioară din punct de vedere al organizării. Dacă plantele inferioare pluricelulare au abia 3-10 tipuri de celule diferențiate, mușchii pot avea până la 20, criptogamele vasculare până la 27, iar angiospermele până la 76 de tipuri de celule diferențiate (după Z i m m e r m a n n).

c. Forma și mărimea celulelor vegetale

Forma celulelor vegetale este foarte variată fiind în raport cu *funcția* pe care o îndeplinesc, cu *originea* lor și cu *poziția* pe care o ocupă în organism.

Plantele unicelulare îmbracă de cele mai multe ori forma *sferică* sau *ovală*. La plantele pluricelulare forma celulelor poate fi *sferică* (celulele

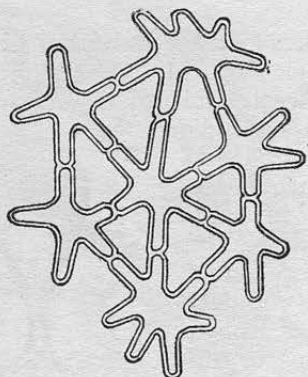


Fig. 15. Celule stelate din măduva de *Juncus conglomeratus* (după Grințescu).

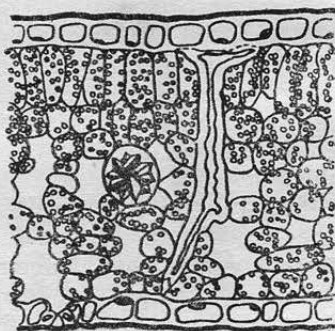


Fig. 16. Idioblaste în frunze de ceai, *Thea sinensis* (după Kursanov).

din fructele făinoase), *ovală*, *cilindrică* (vasele liberiene și lemnoase), *prismatică* (fibrelle de sclerenchim), *fusiformă* (fibrelle lemnoase), *tabelară* (celulele suberului), *stelată* (celulele din măduva de *Juncus* — fig. 15) etc.

Aceste diferite forme de celule vegetale se pot grupa în *trei categorii*, deosebiriile dintre ele putându-se observa pe secțiunile longitudinale prin

țesuturi: a) celule *parenchimatice*, izodiametrice sau aproape izodiametrice; b) celule *prozenchimatice* cu diametrul longitudinal, în general mult mai mare decât celelalte două diametre, dînd celulei o formă fusiformă, alungită; c) *idioblaste*, celule izolate, cu o formă cu totul particulară, înglobate într-un țesut avînd celulele uniforme. Ca exemple de idioblaste, cităm: celulele în formă de T din mezofilul frunzei de ceai (fig. 16), celulele secretoare din mezofilul frunzei de dafin (*Laurus nobilis*) etc.

Mărimea celulelor este de ordinul micronilor adică a miimilor de milimetru și, în general, ele nu pot fi văzute cu ochiul liber, ci numai cu ajutorul microscopului. Este vorba, firește, despre celulele parenchimatice din organele plantelor superioare, a căror mărime variază, în medie, între 10 și 100 μ . În mod excepțional însă și unele celule parenchimatice pot fi văzute cu ochiul liber, dimensiunile lor depășind cu mult mărimile medii citate. Așa sînt unele celule epidermice de pe frunze, celulele unor peri — ca, de exemplu, perii sugători unicelulari ai rădăcinii —, celulele cărnoase din fructul de portocală sau cele din tuberculii de cartofi. Cît despre celulele prozenchimatice, ele ating dimensiuni mult mai mari, de mai mulți milimetri sau centimetri. Laticiferele unor *Euphorbiaceae* lemnoase pot ajunge chiar la mai mulți metri lungime. Există însă și celule sub dimensiunile medii: astfel, *Bacillus influenzae* măsoară $0,4 \times 1,2 \mu$, *Micrococcus progrediens* 0,2 μ diametru. Dimensiuni mai reduse decât ale acestor coci nu pot fi văzute cu microscopul obișnuit, a cărui putere separatoare este de 0,24 μ (v. tab. 1).

Cu microscopul electronic însă, a cărui putere de rezolvare limită este de 1 $m\mu$, s-au putut vedea pe ecran sau fotografia chiar macromolecule proteice mult mai mici decât cele mai mici bacterii citate. Astfel sînt *virusurile* și *fagii* (bacteriofagii).

Virusurile sînt cele mai simple forme de materie dotate cu proprietăți vitale cunoscute pînă acum, capabile de metabolism numai parazitînd pe alte forme de viață superior organizate, adică pe celule. Unele virusuri sînt formate dintr-o singură macromoleculă uriașă nucleoproteidică, altele au și alte proteine sau chiar glucide și lipide în corpul lor. Mărimea virusurilor variază între 10 și 300 $m\mu$.

Infectînd organisme vii superioare, virusurile provoacă boli numite *viroze*, cum sînt: scarlatina, encefalita epidemică sau turbarea la om, mozaicul tutunului și multe alte boli virotice la plantele cultivate (roșii, cartofi etc.).

Bacteriofagii sînt virusuri care parazitează pe bacterii și provoacă distrugerea acestora. Ei apar la microscopul electronic ca niște ace cu gămălie, avînd capul de 50—80 $m\mu$ și acul de 150—200 $m\mu$. Fagii au un înveliș proteic, iar partea lor centrală este constituită din ADN.

3. CONSTITUENȚII CELULARI SAU ORGANITELE CELULARE

Mijloacele moderne de cercetare a celulei au pus în evidență faptul că această unitate de bază din care este format corpul viețuitoarelor reprezintă un edificiu extrem de complex, fiind alcătuit dintr-o serie de forma-

Tabelul 1

Dimensiunile celulelor, ale virusurilor și ale moleculelor organice: L = lungime; D = diametru (după Strasburger, simplificat)

Felul celulelor	Dimensiuni
Celule de plante superioare	
<i>Boehmeria nivea</i> — fibră (L)	250–550 mm
<i>Urtica dioica</i> — fibră (L)	35–75 mm
<i>Linum usitatissimum</i> — fibră (L)	40–65 mm
<i>Musa</i> (palmier) — traheidă (L)	8–10 mm
<i>Vinca minor</i> — fibră (L)	1–2 mm
<i>Pinus silvestris</i> — traheidă (L)	1–2 mm
<i>Sambucus</i> (soc) celulă parenchimatică din măduvă (D)	0,2 mm
<i>Rosa</i> — celulă epidermică (D)	0,04 mm = 40 μ
Celule de alge unicelulare	
<i>Chara</i> — celule internodiale (L)	40–80 mm
<i>Acetabularia</i> (L)	50–60 mm
<i>Chlamydomonas</i> (D)	0,02 mm = 20 μ
Celule de bacterii	
<i>Thiospirillum jenense</i> (L)	0,08 mm = 80 μ
<i>Escherichia coli</i> (L)	0,003 mm = 3 μ
<i>Micrococcus</i> (D)	0,0002 mm = 0,2 μ
Virusuri	
Virusul mozaicului de tutun (L)	0,28 μ = 280 m μ
Virusul influenței	0,12 μ = 120 m μ
Virusul brîncii	10 m μ
Molecule organice	
Molecula de clorofilă (L)	3,5 m μ
Hemoglobina	2,8 m μ
Glucosa	0,7 m μ
Atomul de hidrogen, H (D)	0,1 m μ

țiuni bine definite morfologic și care îndeplinesc funcțiuni vitale, precis determinate (fig. 17, 18, 19). Celula vie poate fi comparată cu un „laborator” complex, cu dispozitive bine delimitate și cu rosturi perfect coordo-

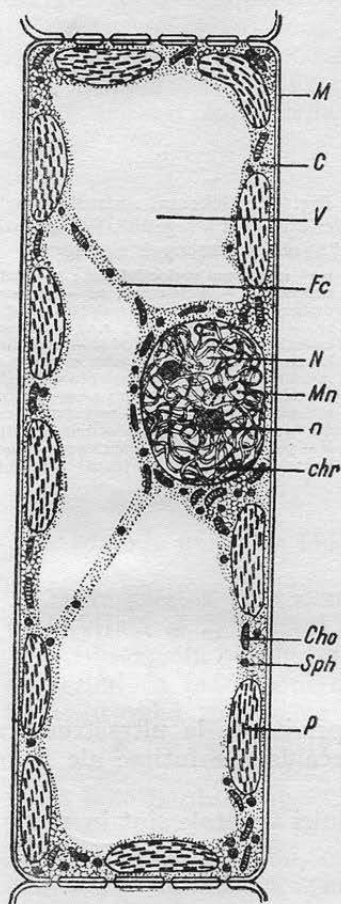
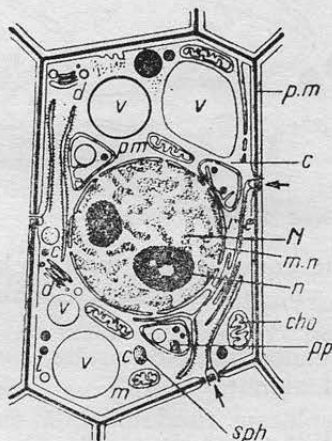


Fig. 17. Conținuturile celulei vegetale din parenchimul asimilator al frunzei:

M — membrana; *C* — citoplasm; *V* — vacuolă; *Fc* — fire citoplasmice; *N* — nucleu; *Mn* — membrană nucleară; *chr* — cromonemă; *n* — nucleoli; *Cho* — condriozomi; *Sph* — sferozomi; *P* — plastide (după Strasburger).

Fig. 18. Structura schematizată a unei celule vegetale tinere:

N — nucleul *n* — nucleol; *m.n* — membrană nucleară; *d* — dictiozomi; *pp* — proplastide; *sph* — sferozomi; *cho* — condriozomi; *v* — vacuole; *l* — picături de lipide; *r.e* — reticulul endoplasmatic; *p.m.* — membrana plasmatică; *c* — citoplasma; *m* — mitocondrii (după Sitte).



nate, în așa fel încât acestea asigură cea mai mare eficacitate activității sale.

Se dă numele de *constituenți celulari* sau *organe celulare* tuturor acestor „organe ale celulei”.

Unele dintre organele celulare au putut fi observate cu microscopul fonic, cum sînt: membrana, citoplasma, nucleul, plastidele, condriozomii, vacuomul și incluziunile ergastice. Altele, însă, cum sînt ribozomii, reticulul endoplasmic și dictyozomii, nu se pot vedea decît la microscopul electronic.

Procesul de adîncire a cercetărilor celulei cu microscopul electronic, care a împins observația pînă la nivelul molecular este astăzi în plină desfășurare. Mereu au loc noi descoperiri, care ne obligă să ne revizuiim

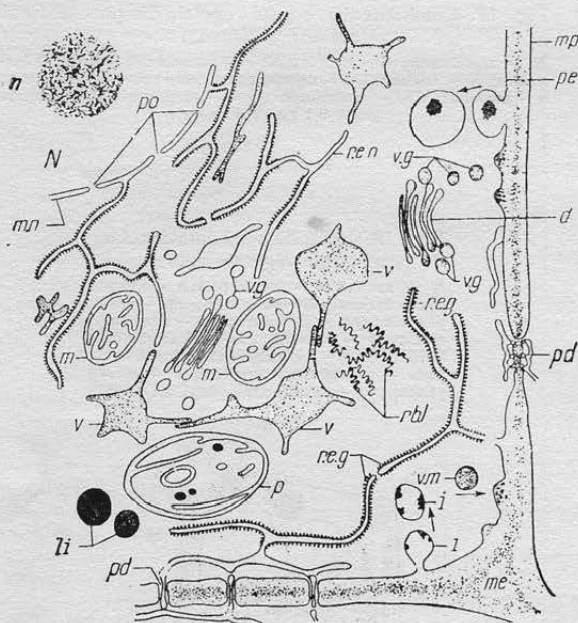


Fig. 19. Schema infrastructurii citoplasmei vegetale, descifrată cu microscopul electronic:

mp — membrana pectocelulozică; pe — plasmalema; d — dictiozomi; pd — plasmodesme; me — spațiu intracelular (meat); vg. — vezicule golgiene; r.e.g. — reticul endoplasmatic granulat; rbl. — ribozomi liberi; v.m. — vezicule pline cu material membranar; i — invaginații pinocitice ale plasmalemei; v — vacuole; r.e.n. — reticul endoplasmatic neted; po — pori ai membranei nucleare (m.n.); m — mitocondrii; li — picături lipide; N — nucleu; n — nucleol; p — proplastidă (după Buvat, 1969)

sau să ne completăm cunoștințele anterioare privitoare la ultrastructura materiei vii, la compoziția ei chimică și la mecanismele intime ale fenomenelor vitale.

După cunoștințele de astăzi, constituenții celulei vegetale sînt în număr de 12, și anume:

- a) citoplasma fundamentală sau hialoplasma;
- b) reticulul endoplasmatic;
- c) ribozomii;
- d) aparatul lui Golgi sau dictyozomii;
- e) condriomul celular;
- f) plastidomul celular;
- g) centrul celular;
- h) cili și flagelii;
- i) nucleul;
- j) vacuomul celular;
- k) incluziunile ergastice din celulă;
- l) membrana celulară.

Primii nouă constituenți alcătuiesc împreună *materia vie* din celulă și poartă numele de *protoplasmă*¹ sau *plasmă*, sau, încă, *protoplast*, ultima denumire fiind dată materiei vii de către anatomistul H a n s t e i n (1880), pe cînd nu se cunoșteau decît patru dintre ei, și anume: citoplasma, nucleul, plastidomul și condriomul.

Ultimii trei constituenți nu sînt vii și ei rezultă în urma activității fiziologice a protoplasmei. Hanstein a numit ansamblul acestor trei constituenți *metaplasmă*²; alți cercetători îi numesc *paraplasmă*³, iar alții consideră separat membrana scheletică și formațiunile ei și o numesc *alloplasmă*⁴.

4. METODELE DE STUDIU ALE CELULEI. APARATE ȘI INSTRUMENTE UTILIZATE ÎN CITOLOGIE

Progresele realizate în studiul celulei s-au obținut paralel și în strînsă legătură cu dezvoltarea tehnicii.

Metodele, extrem de numeroase, prin care se poate studia celula pot fi grupate în două categorii: *metode generale*, utilizate mai ales în trecut, dar care se folosesc și astăzi, și *metode speciale*, mult folosite cu deosebire în ultimii ani.

a. Metode generale utilizate în citologie

Dintre acestea vom examina doar două: 1) **studiul celulei vii sau observația vitală** și 2) **studiul celulei omorîtă în prealabil**

1. **Observația vitală** nu poate fi aplicată decît în cazuri particulare, ea cerînd ca materialul de examinat să fie *transparent*. Se pot examina în acest mod organisme unicelulare: flagelate, saharomicete, diatomee, alge verzi etc., iar dintre plantele inferioare pluricelulare, unele alge filamentoză, ca: *Spirogyra*, *Vaucheria* etc. De la plantele superioare se pretează bine la observația vitală următoarele celule și țesuturi: perii staminali de *Tradescantia*, filamentele stigmatului multor *Gramineae*, perișorii sugători de pe rădăcini, celulele epidermice de *Tulipa* (lalea), *Iris* (stînje-nel), bulbul de *Allium cepa* (ceapă), după ce epiderma a fost desprinsă cu grijă de pe frunze. De asemenea, pot fi studiate prin observație vitală unele organe întregi, dacă sînt deosebit de subțiri și transparente, cum sînt frunzele multor plante acvatice, ca: *Vallisneria spiralis*, *Elodea canadensis* etc.

Materialul de studiat prin metoda observației vitale, dacă reprezintă plante acvatice sau organe de astfel de plante, se așază direct pe lamă

¹ De la grec. *protos* = cel dintîi și *plastos* = format.

² De la grec. *meta* = după.

³ De la grec. *para* = lîngă.

⁴ De la grec. *allos* = străin.

într-o picătură de apă, se acoperă cu lamela și se observă la microscop. Dacă însă este vorba de organe aeriene sau celule luate de pe astfel de organe, ele nu se introduc în apă, ci în anumite soluții, numite *fiziologice*, preparate după anumite rețete, cum sînt soluțiile Knop, Ringer sau Locke etc., izotonice cu sucii din vacuolele celulelor, soluții care trebuie să fie și fiziologic echilibrate, mai ales cînd se examinează material de origine animală. Aceasta înseamnă că între ionii de Na^+ , K^+ și Ca^{++} , toxici dacă sînt considerați separat, trebuie să existe o anumită proporție, care-i face netoxici în ansamblu.

Chiar în condițiile enunțate nu pot fi observate toate organele celulare, din cauză că diferența de indici de refracție dintre ele este prea mică. S-au putut observa în acest mod doar trei organite: citoplasma, nucleul și vacuolele.

Pentru a distinge mai bine organele celulei trebuie să ne servim de anumite *substanțe colorante*, care să fixeze în mod selectiv numai anumiți constituenți, fără a-i ucide sau distruge. Din păcate, cei mai mulți coloranți sînt foarte toxici și pătrunderea lor în celule provoacă imediat moartea acestora sau cel puțin alterări profunde ale substanței vii. Există însă un număr mic de coloranți, care, în concentrații foarte reduse, pot pătrunde în celule fără a le ucide. Aceștia se numesc *coloranți vitali* și majoritatea lor aparțin seriei de coloranți de anilină.

Unii dintre aceștia se acumulează și colorează numai vacuola și se numesc *coloranți vacuolari*, cum sînt: *roșul neutru*, *violetul neutru*, *safranina*, *fuxina bazică* etc.; alții se fixează pe citoplasmă, pe nucleu, pe plasmide sau pe condriozomi, și aceștia se numesc *coloranți protoplasmatici*. Dintre aceștia menționăm: *verdele Janus*, *violetul de metil*, *violetul dahlia*, *rhodamina* etc. Astfel de coloranți, în concentrații de 1/10 000 pînă la 1/30 000, nu alterează structura organelor celulare și permit o bună observare a acestora.

Prin metoda colorației vitale s-au putut pune în evidență pentru prima dată mitocondriile și s-a putut face distincție între aceste organite și vacuole; cu coloranții vitali se poate verifica variația *pH*-ului celular, cu ei se poate pune în evidență prezența unor anumiți compuși chimici în vacuole, cum sînt: compușii fenolici, mucilagiile din vacuolele algelor brune etc.

După un anumit timp însă și coloranții vitali sfîrșesc prin a ucide celula, în care caz întreg conținutul acesteia, profund alterat și modificat, se colorează în mod uniform prin colorantul respectiv. De aceea, ori cît de prețioase ar fi datele obținute prin metoda colorației vitale, ele trebuie neapărat completate cu informațiile pe care ni le furnizează cea-laltă metodă, aceea a studiului celulelor în prealabil ucise.

Trebuie să menționăm că observația vitală poate fi ameliorată dacă utilizăm, în locul microscopului obișnuit, alte instrumente, cum sînt: microscopul cu contrast de fază, cu raze ultraviolete, cel polarizant, ultra-microscopul sau micromanipulatorul.

2. Studiul celulelor în prealabil omorîte se face pe *preparate microscopice*, a căror alcătuire cuprinde cinci faze mai importante, și anume: *fixarea, includerea, secționarea, colorarea și montarea materialului preparat*.

a) *Fixarea* constă în omorîrea instantanee a celulei, în așa fel încît structura constituenților celulari să rămînă într-o stare apropiată de cea naturală a acestora. O ucidere lentă ar duce la coagulări, alterări și transformări ale constituenților celulari care nu au nimic de-a face cu aspectul lor normal.

Fixarea se execută tratînd materialul de studiat cu o serie de substanțe, numite *fixatori*, cum sînt: alcoolul etilic, formolul, soluțiile de acid cronic, bicromat de potasiu, acidul picric, clorura de platină, acidul acetic și mai ales tetraoxidul de osmiu, cunoscut sub numele de acid osmic în stare de vapori, unul din cei mai buni fixatori. Adesea se întrebuițează în tehnica citologică amestecuri de doi sau mai mulți fixatori, preparate după rețete diferite.

De prin 1963, se întrebuițează pentru fixare și tehnica numită *criodecapaj*¹ sau fixarea prin congelare. Procedeu este cel mai apropiat de condițiile ideale de fixare, deoarece nu introduce în celulă nici o substanță străină. Se răcește extrem de repede (spre a se evita formarea cristalelor de gheață) materialul viu, pînă la -200°C , prin introducerea lui în gaze lichefiate (azot sau heliu). După fixare, se acționează în vid (spre a se sublima pătura de gheață formată la suprafața materialului), după care secțiunile se dezgheață la temperatura camerei și se examinează la microscopul electronic. În felul acesta se conservă intactă structura și compoziția materialului.

b) *Includerea*. Materialul fixat cu unul din fixatorii amintiți sau cu un amestec de fixatori trebuie înglobat într-o substanță capabilă să se solidifice și să-i dea o anumită tărie, pentru a putea fi tăiat în secțiuni subțiri. Cel mai întrebuițat material în scopul includerii este *parafina lichidă*. Materialul vegetal complet deshidratat cu ajutorul alcoolului se înglobează în parafină lichidă, pusă în vase speciale. Prin răcire parafina se solidifică, luînd forma vasului în care a fost pusă, închizînd în ea și materialul și constituind împreună cu acesta un bloc. Se mai poate utiliza și *colodiul* în loc de parafină (nitroceluloză dizolvată într-un amestec de alcool și eter). Pentru nevoi temporare, la lucrările practice cu studenții poate fi utilizată și *măduva de soc*, despicată în două, între cele două jumătăți introducînd materialul care trebuie secționat.

c) *Secționarea* are ca scop confecționarea unor lame foarte subțiri pentru a fi transparente, lame care cuprind atît materialul care a servit pentru includere cît și țesutul sau organul pe care vrem să-l studiem.

Pentru demonstrație în scop didactic, în cazul cînd am inclus materialul în măduva de soc, secțiunile le executăm cu un brici avînd una din fețe plane.

¹ De la grec. *kryos* = gheață

Pentru studii de precizie însă, blocul de parafină sau colodiu împreună cu materialul inclus în el se secționează cu aparate speciale numite *microtoame*¹ (fig. 20) în secțiuni subțiri, de 1–20 μ , obținute în serie. Se spală apoi secțiunile cu xilol, spre a se îndepărta parafina (cele din colodiu nu mai trebuie spălate) apoi cu alcool, spre a îndepărta xilolul și astfel materialul este gata pentru faza următoare.

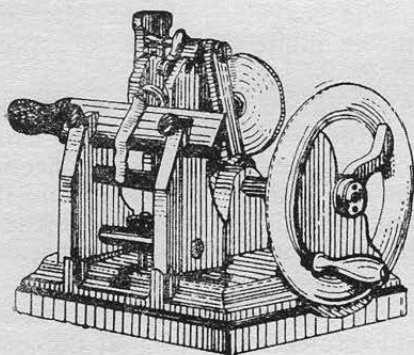


Fig. 20. Schema unui microtom (După Guilliermond)

d) *Colorarea*. Secțiunile pregătite în modul arătat se tratează apoi cu coloranți diferiți, după scopul urmărit. Cei mai utilizați coloranți sînt hematoxilina ferică, carminul, safranina, violetul de gențiană, fuxina, albastrul de metilen etc. Se pot întrebuința și amestecuri de doi sau mai mulți coloranți, care se fixează în mod inegal și selectiv pe unul sau pe altul dintre constituienții celulari, colorîndu-i. Așa, de exemplu, reactivul genevez, mult întrebuințat la lucrările de laborator

cu studenții, este specific pentru membrana celulară și constă dintr-un amestec de doi coloranți în soluție alcoolică: roșul de Congo și crizoidina. Membranele celulozice fixează primul colorant și devin roșii, pe cînd cele lignificate se colorează în galben cu crizoidina.

e) *Montarea preparatului*. Materialul colorat se spală pentru a îndepărta excesul de colorant, apoi se așază pe lamă într-o picătură de apă, dacă este destinat studiului imediat, sau în *balsam de Canada*, dacă se intenționează obținerea unui preparat pentru o durată mai lungă. Se acoperă totul cu lamela și se etichetează preparatul care astfel este gata pentru observare.

Protoplastul fixat și colorat este un obiect de studiu foarte practic și atrăgător. Organitele celulare se văd clar și perfect delimitate. Nu trebuie să uităm însă că ceea ce observăm după fixare și colorare nu mai este celula vie. Oricît de brusc s-a făcut fixarea, s-au produs totuși schimbări în structura diferitelor organite. În plus, coloranții aplicați materialului biologic pot produce figuri care nu există pe viu, așa-numitele „artificii de tehnică”, care au fost multă vreme interpretate greșit în citologie.

De aceea, citologii trebuie să combine cele două metode analizate utilizînd încă multe altele, pentru a putea pătrunde cît mai adînc în descifrarea celui mai complex edificiu molecular din natură, acela al celulei vii.

¹ De la grec. *mikros* = mic și *thome* = tăietură.

b. Metode speciale întrebuițate în citologia modernă

Metodele generale expuse mai înainte, cu toate avantajele pe care le prezintă și cu tot aportul lor important pe care l-au adus la dobândirea cunoștințelor relativ la celulă, au și o serie de imperfecțiuni și inconveniente. Așa, de exemplu, cu ajutorul lor nu se pot examina toți cromozomii unui nucleu în diviziune, ansamblul condriozomilor dintr-o celulă, tehnica lor nu este suficientă pentru microscopia electronică, prin ele nu se pot studia proprietățile fizice, chimice sau fiziologice ale constituenților celulari. Din aceste cauze, în ultimul timp, citologia modernă a recurs la tot mai multe *metode speciale*, dintre care vom trece sumar în revistă pe cele mai des utilizate.

1) *Prepararea de celule întregi* este mult utilizată în studiul meristemelor, al structurii cromozomilor și al celulelor-mamă ale sporilor, probleme urmărite în special de genetică.

Există o mulțime de metode rapide destinate acestui scop. Ele constau în a introduce un vîrf de organ viu, avînd țesuturi meristematice, într-o soluție carmin-acetică clocotită sau alte soluții (ca, de exemplu, soluție de orceină acetică, rezorcină acetică, nigrosină acetică etc.). Celulele sînt fixate și colorate în același timp. Apoi ele sînt disociate prin simpla zdrobire mecanică (apăsînd uniform asupra lamelei unsă cu albumină glicerinată, care s-a aplicat peste material) și observate la microscop. Pentru a confecționa preparate permanente, se pune materialul în balsam de Canada și se lutează lamela pe margini cu parafină sau cu ceară specială de lutat.

2) *Alcătuirea de preparate pentru microscopul electronic*. Pentru a putea fi utilizate în microscopia electronică, preparatele trebuie să fie complet anhidre și să aibă grosimi de ordinul sutimilor de microni, mai exact să nu depășească $0,05\mu$.

Ca fixator se întrebuițează în acest caz formalina, acidul osmic (H_2OsO_4), sau permanganatul de potasiu (KMnO_4), iar ca material de incluzie amestecul de acrilat butil-metilic sau anumite rășini speciale.

Secțiunile pentru microscopia electronică se execută cu „ultra microtoame”, la care ridicarea blocului la nivelul briciului nu se face prin dispozitive mecanice, ca în cazul microtoamelor obișnuite, ci prin dilatarea termică a piesei de metal pe care se fixează blocul ce trebuie secționat. Bricele utilizate sînt de obicei din sticlă, iar grosimea minimă a preparatelor poate fie de $0,01-0,02\mu$. Secțiunile sînt culese pe o peliculă de plastic, groasă de $0,01\mu$, și pot fi examinate direct la microscop, sau după ce au fost tratate cu substanțe opace pentru electroni, ca de exemplu, acidul fosfotungstic, care măresc contrastul imaginilor.

3) *Întrebuițarea metodelor citochimice și histochemice* a permis să se cunoască constituția chimică a organelor celulare. Din păcate, metodele curente ale chimiei analitice s-au dovedit prea brutale, ele tulbură complet structura celulară și deci sînt inaplicabile în citologie. Numai cîteva reacții bazate pe formarea de combinații colorate sau afinitatea substan-

țelor intracelulare pentru anumiți coloranți speciali au dat rezultate remarcabile în această privință. Așa sînt: reacția amidonului cu iodul, care-l colorează în albastru, a proteinelor cu reactivul Millon (soluție de azotat mercuric în acid azotic), care le colorează în roșu, a lipidelor cu Sudan III, dar mai ales reacția *Feulgen* pentru acidul dezoxiribonucleic și cea a lui *Brachet* pentru acidul ribonucleic, foarte mult utilizate în citologie, reacții care se studiază la biochimie, și asupra cărora nu putem insista aici. De asemenea, prin reacții histochemice diferite se obțin date prețioase cu privire la repartizarea spațială a diferitelor substanțe în cuprinsul celulei sau al constituenților celulari. Aici trebuie menționată în mod special *metoda atomilor marcați*. Scufundînd un țesut într-un mediu care conține atomi marcați, indicatori de P, S, Na, K, Fe, I, C etc., celulele fizează atomii radioactivi respectivi. Plasînd secțiunea pe o placă fotografică, radiațiile emise de elementul radioactiv care se dezintegrează impresionează gelatina și arată pe fotografie locul acupat de atomii respectivi în celulă. Se obține în acest mod o *autohistoradiografie*.

4) *Izolarea constituenților celulari prin ultracentrifugarea diferențială*. Din cauza dimensiunilor lor extrem de mici, constituenții celulari nu pot fi izolați în cantități suficient de mari, pentru a fi analizați pe calea disecției. Ei însă pot fi separați unii de alții prin ultracentrifugare.

Se taie un țesut printr-un mecanism rotativ de brici ultrafin, în așa fel ca celulele componente să fie secționate la mai multe niveluri. În timpul tăierii se adaugă la țesutul zdrobit soluții potrivite de NaCl, KCl, zaharoză etc., obținîndu-se o pastă fluidă de constituenți celulari numită *omogenat*, care este apoi supus ultracentrifugării diferențiale. În eprubeta centrifugei, care dezvoltă o forță centrifugă (de la 18 000 la peste 200 000 turații pe minut) mai mare decît forța gravitației, constituenții celulari se vor sedimenta în ordinea greutății lor specifice descrescînde, în straturi distincte, care pot fi izolate, purificate și supuse unor noi centrifugări, pînă se ajunge la o cantitate de cîteva grame din fiecare constituent, cantitate suficientă pentru a-i face analiza chimică. Deși mai greu de aplicat la țesuturile

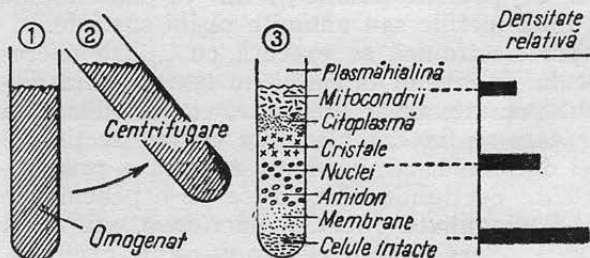


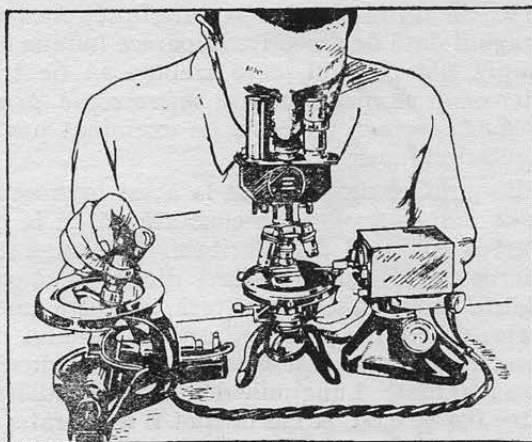
Fig. 21. Straturi succesive de constituenți celulari depuși după centrifugarea unui omogenat de frunze de tomate. Centrifugarea fracționată:

1 — omogenatul; 2 — același, în curs de centrifugare; 3 — rezultatul centrifugării: depunerea constituenților celulari în straturi în ordinea descrescîndă a densității (după Pilet, 1968).

vegetale decît la cele animale, din cauza membranei celulozice și a sucului celular acid al primelor, s-a reușit, ca din mezofilul frunzelor de roșii să se separe șapte pături succesive cuprinzînd în ordine: celule intacte și resturi de membrană, cristale și amidon, nuclei, citoplasmă granulară, mitocondrii și plasmă hialină (fig. 21).

5) *Microdisecția* sau *micrurgia* constă în executarea de diferite operații, cu ajutorul unor microinstrumente de sticlă sau metal (microsiringi, micro-pipete, microscalpele, micropensete etc.), direct asupra celulei și sub puterea măritoare a microscopului între lamă și lamelă. Se pot scoate în acest mod

Fig. 22. Schema micromanipulatorului pneumatic. La stînga, manipulatorul; la dreapta, receptorul. Mișcările executate de operator cu mînerul manipulatorului sînt reproduse la scară foarte redusă de către instrumentul fixat pe receptor (după Gautheret).



din celulă nucleii, plastidele, se pot injecta în vacuolă anumite substanțe, sau, din contră, se pot grefa doi-trei nucleii într-o celulă urmărind efectele etc. Mișcările microinstrumentelor amintite sînt executate cu ajutorul unor aparate numite *micromanipulatoare*, din care există mai multe modele. Primele micromanipulatoare, construite în 1928 de către Chambers, erau niște dispozitive înzestrate cu un sistem de trei pîrghii, la care se prindeau instrumentele, care erau acționate cu ajutorul a trei șuruburi micrometrice, într-una din cele trei direcții ale spațiului. La modelele mai noi, microinstrumentele sînt acționate pe cale pneumatică (fig. 22).

6) *Micropunctura ultravioletă* permite distrugerea limitată și precis localizată a unei părți sau a unui organit din celulă, precum și observarea consecințelor acestor distrugerii. Operația se efectuează prin proiectarea unui fascicul foarte subțire de radiații ultraviolete asupra regiunii sau organismului respectiv.

Alte metode citofizice, cum sînt: *microincinerarea*, *microspectrografia*, *microspectrofotografia*, *spectrografia cu raze X* precum și *analizele cromatografice*, deși dau informații prețioase relativ mai ales la compoziția chimică a materiei vii sînt mai mult biofizice și biochimice decît citologice. Descrierea lor ar depăși cu mult cadrul acestui capitol.

c. Instrumente de observație utilizate în citologie

a. *Microscopul obișnuit*, numit încă și *microscop fotonic*, cu *fondul luminat* sau *microscop prin transparență*, este bine cunoscut și nu este necesar să insistăm asupra descrierii lui. Vom reaminti doar că el se compune dintr-un

ansamblu de părți metalice care constituie *stativul*, precum și un *sistem optic*. Acesta din urmă constă din: 1) un *aparat de luminat*, format dintr-o *oglină* și un *condensator*, care proiectează asupra obiectivului un fascicul luminos convergent; 2) un sistem de lentile formînd *obiectivul*, care dă o imagine reală, răsturnată și mărită a obiectului și 3) un al doilea sistem de lentile formînd *ocularul*, care funcționează ca o lupă și permite observarea imaginii dată de obiectiv. Deoarece lumina este transmisă de la o sursă direct asupra obiectivului, care trebuie să fie transparent, observarea cu acest microscop se mai numește *microscopie prin transparență* sau *microscopie cu fond luminat*. Obiectul de examinat poate absorbi, refracta sau difracta razele luminoase.

Examinînd un preparat la acest microscop cu obiective și oculare din ce în ce mai puternice, se constată că de la o anumită mărire a imaginilor, acestea își pierd din claritate. Înseamnă că *puterea separatoare* a acestui microscop (distanța minimă dintre două puncte ale obiectului care pot fi văzute distinct) este limitată. Această putere separatoare este cu atît mai mare, cu cît lungimea de undă a luminii este mai mică, cu cît deschiderea obiectivului este mai mare și cu cît indicele de refracție al mediului optic este mai mare. Lungimile de undă ale radiațiilor luminii vizibile sînt cuprinse între 0,4 și 0,8 μ , și ele nu pot fi micșorate; indicele de refracție al mediului optic poate fi ușor mărit, dacă se interpune între obiect și obiectivul microscopului o picătură de ulei de cedru (avînd indicele de refracție 1,52). Obiectivul care se scufundă în lichid se numește *obiectiv cu imersie*. Chiar și în acest caz, puterea separatoare a microscopului nu trece de 0,22 μ , ceea ce înseamnă că pentru a putea fi văzute distinct două puncte ale obiectului, distanța dintre ele trebuie să fie de minimum 0,2 μ .

Această putere separatoare poate fi mărită dacă se utilizează în locul luminii vizibile *radiații ultraviolete*, a căror lungime de undă este redusă cu jumătate față de cea a radiațiilor vizibile. În acest caz, microscopul trebuie să aibă lentile de cuarț, iar imaginea obiectului (invizibilă cu ochiul) se formează pe o placă fotografică.

b) *Microscopul cu fond negru*, numit și *ultramicroscop*, este un instrument cu care, pe un fond negru, se pot observa siluetele luminoase ale unor particule mai mici decît cele vizibile cu microscopul obișnuit. Spre deosebire de microscopul cu fond luminat, la ultramicroscop nici o rază care provine de la sursa de lumină nu pătrunde în obiectiv (fig. 23), și de aceea cîmpul microscopului rămîne întunecat. În schimb, razele laterale, foarte oblice, difractă la nivelul particulelor din preparat care apar ca niște puncte luminoase pe fondul negru, trădîndu-și numai poziția și forma, nu și structura.

Illuminarea laterală se obține prin aplicarea, la microscopul obișnuit, a unor condensatoare speciale, parabolice, în locul condensatorului obișnuit. Cu ultramicroscopul se studiază mai ales soluțiile coloidale.

c) *Microscopul cu contrast de faze* reprezintă o perfecționare a microscopului obișnuit cu fondul luminat. Printr-un dispozitiv special, constînd dintr-o diafragmă care se aplică pe condensator și o plachetă ce se așază în obiectiv, unele raze luminoase care traversează obiectul transparent

din preparat suferă sau o întârziere sau un avans, față de razele normale care n-au fost difractate. Interferența dintre razele, „scoase din fază” și cele normale produce sau o întunecare sau o mărire a intensității luminoase, fapt care are ca urmare o mărire a contrastului la limita dintre două organe cu indice de refracție foarte puțin diferit.

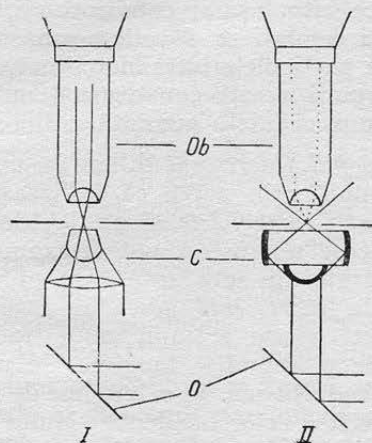


Fig. 23. Schema comparativă a microscopului obișnuit (I) și a celui cu fond negru (II):

O — oglindă; C — condensatorul; Ob — obiectivul (după Gautheret).

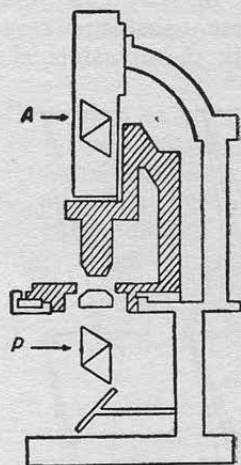


Fig. 24. Schema microscopului polarizant:

P — nicol polarizor; A — nicol analizor (după Hirth și Stolkowski).

Cu acest dispozitiv s-au putut observa pe celula vie și fără colorare detalii fine, de structură a cililor, cromozomilor, fibrelor, bacteriilor, nucleului etc.

d) *Microscopul polarizant* este o variantă a microscopului obișnuit, care însă utilizează lumina polarizată în locul luminii normale. Vibrațiile luminii polarizate se efectuează într-un singur plan, spre deosebire de cele ale luminii normale care se propagă în toate direcțiile.

Pentru a obține lumină polarizată, se intercalează la microscopul obișnuit două prisme de spath de Islanda numite *nicoli*, una între oglindă și condensator, numită *nicol polarizor*, alta între obiectiv și ocular, numită *nicol analizor* (fig. 24). Când cei doi nicoli sînt paraleli, toată lumina care iese din polarizor trece și prin analizor, și câmpul microscopului este luminat. Dacă cei doi nicoli sînt încrucișați la 90° , nici o rază ieșită din polarizor nu străbate analizorul, și câmpul microscopului este întunecat. Plasînd la microscop un preparat între nicolii încrucișați, câmpul nu mai apare complet întunecat deoarece unele substanțe din preparat deviază planul de polarizare al luminii. Asemenea substanțe se numesc *anizotrope*¹ sau

¹ De la grec. *anisos* = inegal și *tropos* = direcție

birefringente, și ele n-au același indice de refracție în toate direcțiile masei lor. Alte substanțe, din contră, nu deviază planul de polarizație al luminii. Ele au același indice de refracție în toate direcțiile masei lor și se numesc *izotrope*¹ sau *monorefringente*.

Izotropia sau anizotropia unei substanțe depinde de așezarea, ordonată sau nu, în spațiu, a particulelor elementare (ioni, atomi, molecule), care alcătuiesc substanța respectivă. Deoarece citoplasma, condriozomii, cromozomii, cloroplastele și alți constituenți celulari se dovedesc anizotropi, înseamnă că particulele inframicroscopice din care sînt formați acești constituenți nu sînt așezate oricum, ci într-o anumită ordine.

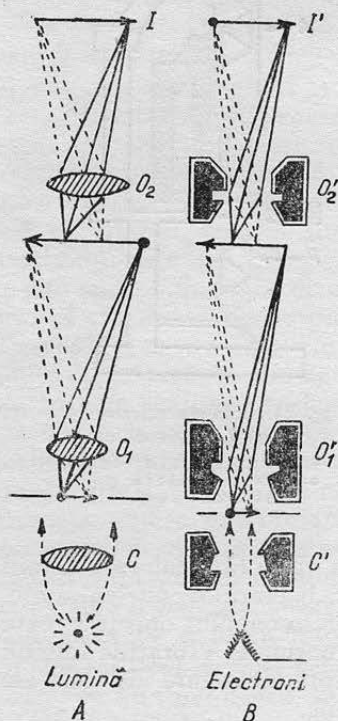


Fig. 25. Comparație între microscopul luminos (A) și cel electronic (B):

C, C' — condensatori; O_1, O_1' — obiective; O_2, O_2' — oculare; I, I' — imaginea obiectului (după Hirth și Stolkowski).

comportă selectiv față de fluorochromul utilizat și prezintă fiecare alte și alte culori de fluorescență. Chiar diferiții constituenți ai unei celule vii: citoplasma, nucleul, condriozomii etc. apar colorați diferit la microscopul fluorescent, ceea ce permite studiul lor amănunțit.

e) *Microscopul fluorescent* diferă de un microscop obișnuit prin aceea că utilizează ca lumină radiații ultraviolete și are lentilele de cuarț. Cu acest microscop pot fi examinate numai preparate din substanțe care prezintă fenomenul de *fluorescență*, adică au însușirea ca, dacă sînt expuse acțiunii unor radiații luminoase de o anumită lungime de undă, ele să emită radiații noi de o lungime de undă mai mare decât a celor incidente. Multe substanțe organice, ca, de exemplu, acridinele, posedă această însușire, care se numește *fluorescență primară*. Alte substanțe devin fluorescente numai dacă au fost tratate, în prealabil, cu substanțe fluorescente, numite *fluorochromi*. Ele dobîndesc deci o *fluorescență secundară*.

Cei mai utilizați fluorochromi sînt: portocaliul de acridină, galbenul de acridină, berberina (galbenă), chelidonina (albastră), esculina (albastră verzuie), în soluții alcoolice diluate 1/1 000 pînă la 1/100 000.

Tratînd cu fluorochromi un preparat de țesut vegetal și privindu-l la microscopul fluorescent, pe un fond negru (deoarece radiațiile ultraviolete nu sînt percepute de ochiul omului), se observă imagini policrome, datorită faptului că diferitele celule ale țesutului se

¹ De la grec. *isos* = egal și *tropos* = direcție.

f) *Microscopul electronic*. De cînd savantul francez L. de Broglie a arătat, în anul 1925, pe baza unor considerații teoretice că fasciculele de electroni trebuie să se comporte ca niște radiații cu o lungime de undă foarte mică, fizicienii au fost preocupați de construirea de microscopoe electronice, fapt realizat în 1934 de firma Siemens. Înlocuind lumina vizibilă cu un fascicul de electroni lansați cu mare viteză, s-a putut obține mărirea de peste 100 000 de ori a diametrului particulelor supuse observației. S-a ajuns în acest mod să se distingă detalii structurale măsurînd mai puțin de $0,005 \mu$.

Principiul general al microscopului electronic este același ca și al microscopului obișnuit (fig. 25). El are un generator de electroni alcătuit dintr-un filament de tungsten încălzit la roșu, situat în afara aparatului, și un tub mare metalic în care se află vid, deoarece aerul absoarbe electronii. În acest tub sînt montate „lentile” electromagnetice care deviază fasciculul de electroni, așa după cum lentilele de sticlă refractă radiațiile luminoase. Există o bobină-condensator, o bobină-obiectiv și una ocular. Preparatul se așază între bobina-condensator și bobina-obiectiv. Pentru a fi traversat de electroni, el trebuie să fie complet anhidru și extrem de subțire (sub $0,05 \mu$), montat pe o peliculă fină de colodiu.

Bobina-obiectiv dă o primă imagine mărită, pe care bobina ocular o mărește și mai mult, iar imaginea finală este proiectată pe un ecran fluorescent sau pe o placă fotografică. Aceasta din urmă mai poate fi și ea mărită, ajungîndu-se în cele din urmă la imagini care prezintă o mărire a diametrului particulelor de cîteva sute de mii de ori.

Utilizat la început mai mult în metalografie, chimie și geologie, începînd de prin anul 1955, microscopul electronic se întrebuințează tot mai mult în citologie. Cu el s-au putut studia structura citoplasmei, a nucleului, mitocondriilor, s-au putut vedea bacteriofagii, virusurile, chiar moleculele de nucleoproteide mai mari, microscopul electronic devenind unul din cele mai apreciate instrumente de cercetare științifică modernă.

5. ÎNREGISTRAREA OBSERVAȚILOR. MICROFOTOGRAFIA ȘI MICROKINEMATOGRAFIA

Citologii clasici își ilustrau publicațiile cu desene, care, ori cît de bune ar fi fost, nu erau totdeauna în concordanță cu realitatea obiectivă, ci reflectau în bună măsură interpretări subiective. De aceea, începînd de prin anul 1930, se întrebuințează tot mai mult în citologie microfotografia și microcinematografia.

Adaptînd o cameră la un microscop obișnuit, cu contrast de faze sau de alt tip, cu care se studiază celula vie, se pot înregistra pe film mișcările celulare care se desfășoară sub microscop: mișcarea cililor sau flagelilor, mișcările citoplasmei, a nucleilor în diviziune, mișcările de deschidere a florilor etc. Alegînd în mod convenabil cadența luării fotografiilor, este posibil ca, în momentul proiectării filmului, să modificăm după dorință

viteza fenomenelor înregistrate. Filmînd, de exemplu, la o cadență lentă fazele succesive ale mitozei și proiectîndu-le la o cadență normală (aproximativ 24 imagini pe secundă), putem distinge mișcările cromozomilor imposibil de apreciat în mod direct. Și invers, înregistrînd cu o cadență foarte rapidă mișcările flagelului unei euglene, și apoi proiectînd filmul la o cadență normală, bătăile flagelului sînt încetinite foarte mult, și în acest mod le putem studia mecanismul.

Astfel, asociînd cinematograful și microscopul, avem posibilitatea să modificăm în același timp scara spațiului și aceea a timpului, și deci să analizăm mai complet numeroasele fenomene biologice.

Încheind paragraful privind metodele de studiu ale celulei, vom accentua în rezumat necesitatea de a întrebuița nu o singură metodă, ci cît mai multe metode și instrumente.

Metoda secțiunilor fixate și colorate este cea mai practică și mai atrăgătoare. Ea însă prezintă serioase inconveniente. Lucrînd nu asupra celulelor vii, ci asupra „cadavrelor” acestora, ea nu ne spune nimic despre proprietățile fizico-chimice și mai ales fiziologice ale constituenților vii ai celulei, ci ne dă exclusiv date morfologice. Dat fiind faptul că fixatorii provoacă în general modificări structurale adînci, chiar și datele morfologice furnizate de această metodă sînt uneori discutabile. Rezultatele ei apoi depind într-o mare măsură de fixatorul și de colorantul întrebuițat. O singură metodă de fixare și colorare nu ne permite decît obținerea unor date foarte incomplete asupra celulei. Citologul deci nu se va mulțumi niciodată cu utilizarea unui singur fixator și a unui singur colorant, ci va confrunta rezultatele obținute și cu alți fixatori și coloranți. Unele organite celulare se vor prezenta în mod constant sub același aspect, oricare a fost fixatorul și colorantul întrebuițat în timp ce altele nu vor apărea decît în anumite cazuri. Primele vor putea fi considerate ca avînd o existență sigură. Existența organitelor din categoria a 2-a va putea fi pusă la îndoială, și citologul va trebui să încerce a le identifica și prin observația vitală, cu sau fără întrebuițarea de coloranți vitali, ultima metodă constituind un mijloc de control pentru rezultatele obținute prin metoda secțiunilor.

Cînd metodele clasice nu dau rezultate convingătoare, citologul trebuie să aplice tehnici speciale. În plus, observațiile pur morfologice trebuie să fie completate cu studii cito- sau histochimice, și mai ales citofiziologice. Numai în acest fel ne vom apropia tot mai mult de înțelegerea vieții complexe a celulei.

6. STUDIUL CONSTITUENȚILOR CELULARI: CONSTITUENȚII VII SAU PROTOPLASMA

Cel dintîi învățat care s-a preocupat de substanța vie care umple celula a fost zoologul francez D u j a r d i n (1835)¹. Studiînd protozoarele *Rhizopode*, Dujardin a ajuns la concluzia că materia esențială a celulei care dă

¹ Dujardin, F. *Recherches sur les organismes inférieures*, 1835, p. 343—377.

naștere pseudopodelor este o substanță fluidă, mai mult sau mai puțin viscoasă, elastică și contractilă, pe care a numit-o *sarcodă*¹ (1835). Cîțiva ani mai târziu (1841), el a ajuns la concluzia că sarcoda este în general răspîndită în toate celulele animale.

La plante, botanistul german H. M o h l, studiind materia vie din celula vegetală a definit-o ca „un lichid viscos sau semifluid, cu conținut azotos, amestecat cu granulații care umple conținutul celular și are diferite configurații, învelind întotdeauna nucleul și pungile apoase, cu care însă nu se amestecă”². El a numit această substanță *protoplasma*³ (1846), termen împrumutat de la anatomistul ceh J a n P u r k i n j e (1787—1869), care, în 1839, dăduse numele de „protoplasma” materiei vii din embrionii animalelor.

În 1850, F. C o h n și, în 1861, M. S c h u l t z e au recunoscut identitatea dintre sarcoda lui Dujardin și protoplasma lui H. Mohl.

În 1880, anatomistul H a n s t e i n face o deosebire între componenții vii ai celulei, pentru care propune termenul de *protoplast*, și cei nevii, produși de protoplast, pe care-i numește *metaplasma*.

✕ În 1882, E. S t r a s b u r g e r propune termenul de *citoplasma*⁴ pentru materialul de fond al protoplastului, considerat fără ceilalți constituenți intracelulari, pe care îi înglobează în timpul vieții celulare. Astăzi se numesc *protoplasma* toți constituenții vii împreună, iar *paraplasma* cei nevii.

De mai puțină circulație se bucură termenii: *alloplasma*⁵ (A. M e y e r, 1896), care se atribuie cililor, flagelilor, precum și altor proliferări celulare, *kinoplasma*⁶ și *trofoplasma*⁷ lui S t r a s b u r g e r (1892), prima avînd o structură fibrilară, cea de-a doua una alveolară, precum și *archiplasma*⁸ celulelor cu caracter embrionar a lui M i e h e (1926). De altfel, încă nu există o terminologie unitară a constituenților celulari.

Înainte de a studia fiecare constituent viu al celulei, trebuie să cunoaștem ansamblul lor și caracterele lor comune, ceea ce constituie caracterele generale ale protoplasmei.

✕ În amănunt, compoziția globală a celulelor variază la infinit, și chiar cea a unei categorii precise de celule variază în funcție de vîrsta sau de starea fiziologică prin care trec respectivele celule. Totuși, protoplasma tuturor celulelor vegetale și animale are și o serie de însușiri comune, și acestea se manifestă în primul rînd în compoziția lor chimică și în proprietățile lor fizice și chimice.

✕ Protoplasma tuturor celulelor vii se prezintă ca un fluid în care sînt dispersate substanțe în primul rînd cu greutate moleculară mare. Deși

¹ De la grec. *sarx* (genitiv *sarkos*) = carne.

² H. M o h l: *Über die Saftbewegung im Inneren der Zellen*. Bot. Zeitschr. Berlin, 1846, p. 73—78, p. 89—94.

³ De la grec. *protos* = cel dintîi și *plasma* = formațiune, substanță.

⁴ De la grec. *cytos* = celulă și *plasma* = formațiune, substanță.

⁵ De la grec. *allos* = străin și *plasma* = formațiune, substanță.

⁶ De la grec. *kinun* = a se mișca și *plasma* = formațiune, substanță.

⁷ De la grec. *trophe* = hrană și *plasma* = formațiune, substanță.

⁸ De la grec. *arche* = început și *plasma* = formațiune, substanță.

constituite plecînd de la un număr mic de categorii de compuși chimici, aceste substanțe sînt infinit de numeroase și se deosebesc una de alta prin arhitectura lor macromoleculară.

1. Compoziția chimică a protoplasmei. Protoplasma, constituind substratul material în care se desfășoară fenomenele vitale, se impune o cunoaștere cît mai amănunțită a constituției sale chimice, fapt care se realizează prin analize.

Analiza chimică a protoplasmei prezintă însă numeroase dificultăți, din următoarele motive:

- ✕ — compoziția ei chimică este complexă și se schimbă în fiecare moment;
- ✕ — pe lîngă substanțele constitutive, în protoplasmă se mai află *materii de rezervă* și substanțe de *excreție*, și este aproape imposibil de precizat care dintre substanțele aflate prin analize sînt constitutive și care reprezintă rezerve sau deșeuri;
- ✕ — orice tentativă de analiză omoară celula, și ceea ce se analizează reprezintă nu protoplasma vie, ci „cadavrul” ei.

O bună parte din dificultățile enumerate pot fi înlăturate dacă se alege pentru analiză plasmodiu de *Myxomycetes*, organism gigantic, fără membrană celulozică, fără plastide și cu destul de puține produse metabolice (mai ales ulei). Faptul că plasmodiul are mai mulți nuclei nu modifică în mod esențial rezultatul analizei, între cele două organite vii diferența de compoziție nefiind prea mare. Pentru avantajele amintite, aproape toate analizele de citoplasmă s-au efectuat asupra acestui material.

Prin analiza materiei vii se pot urmări două scopuri diferite: 1) să se determine *elementele chimice* din care aceasta este constituită (analiza elementară) și 2) să se determine *compușii chimici* care intră în compoziția citoplasmei, proporția și rolul lor.

Analiza elementară a citoplasmei se face prin metoda *incinerării* sau a *arderii*. Masa plasmodiului se arde în vase speciale, ermetic închise. Ca urmare a proceselor de ardere pe care le suferă substanțele organice, acestea se transformă în *gaze*, care se captează și se analizează, iar o mică proporție din ele, care nu arde, rămîne în vas sub formă de *cenușă*; aceasta, de asemenea, se analizează. Prin analize s-a putut stabili că peste 60 din cele 102 elemente cunoscute intră în compoziția substanței vii, iar după procentul în care se găsesc ele au fost clasificate, după acad. V e r n a d s k i (1929), în trei categorii: macroelemente, microelemente și ultramicroelemente.

✕ — *Macroelemente*¹ sînt acelea care participă la constituția materiei vii cu proporții însemnate, cuprinse între cîteva zeci de procente și cîteva sutimi de procente. În această categorie intră: *oxigenul*, care formează în medie 70% din materia vie, *carbonul*, aproximativ 18%, *hidrogenul*, aproximativ 10,5. Singure, aceste trei elemente formează deci 98,5% din materia vie, iar restul de aproximativ 57 de elemente, împreună, abia contribuie cu 1,5%. Dintre macroelemente mai fac parte: P, K, Ca, N, aflate

¹De la grec. *makros* = mare.

în proporții de ordinul *zecimilor de procent*, apoi S, Mg, Na, Cl, Al, în proporții de ordinul *sutimilor de procent*. Cele 12 macroelemente formează împreună peste 99,99% din substanța vie, iar restul de aproximativ 48, toate împreună, nu depășesc proporția de 0,01%.

— *Microelementele*, în categoria cărora intră Mn, Fe, B, Sr, Cu, Ti, Zn, Si, Bo, Br, F, Rb, Sn, Ni etc. se află în substanța vie în proporții cuprinse între *miimi de procent*, *zecimi de miimi de procent* și *sutimi de miimi de procent*.

— *Ultramicroelementele* se află în protoplasmă în proporții infime, de ordinul *milioniilor de procent*. Dintre acestea putem cita As, Mo, Co, I, Pb, Hg, Ag, Au, Ra.

* Mai importantă decât cunoașterea elementelor chimice din materia vie, este aceea a *compușilor organici*.

Pentru determinarea compușilor chimici din materia vie, biochimistii, începînd cu Reinkens (1880), Lepeskin (1923) și A. Kiesel (1930), s-au folosit tot de plasmodiile de *Myxomycetes*, pentru aceleași calități ale acestora pe care le-am arătat mai sus.

După Lepeskin (1923) plasmodiul de *Fuligo septica* este format din următorii compuși:

Apă 82,6% din greutatea proaspătă
Substanță uscată 17,4%, din care:

A. Substanțe organice *solubile în apă* 40,7%
și anume:

protide (aminoacizi, amine, amide, proteine
solubile) 26,5%
glucide (monozaharide) 14,2%

B. Substanțe organice *insolubile în apă* 59,3%
și anume:

— *protide* 42,3%
din care:

nucleoproteide 32,3
acizi nucleici 2,5
albumine 2,2
globuline 0,5
lipoproteide 4,8

— *lipide* 11,3%
din care:

gliceride 6,8
steride 3,2
lipide complexe 1,3

— *săruri minerale* 2,2%

— *diverse alte substanțe* 3,5%

Din examinarea atentă a datelor lui Lepeskin se pot desprinde următoarele concluzii:

1. Protoplasma plasmodiului de *Fuligo* este o asociație de apă și substanțe insolubile, printre care predomină *protidele* (42,3%) și, dintre aces-

tea, *nucleoproteidele* (32,3%). Protoplasma deci nu este un corp omogen din punct de vedere chimic, ci un amestec foarte heterogen de substanțe, predominant organice.

2. În acest amestec heterogen predomină protidele, care constituie majoritatea relativă (până aproape de 50%) dintre compuși și care determină natura chimică a protoplasmei:

3. Cu toată predominanța protidelor, viața protoplastului nu este posibilă fără participarea obligatorie și a lipidelor (circa 12%) și chiar a glucidelor (circa 14%) în compoziția chimică permanentă a materiei vii.

4. Alte substanțe organice în afară de cele trei categorii amintite (acizi organici și sărurile lor), precum și compuși anorganici se găsesc în proporții reduse în protoplasmă. Totuși, componentele minerale din protoplasmă, fie că se găsesc dizolvate, fie sub formă de ioni, fie combinate cu substanțele organice, nu pot lipsi din materia vie. Fe, de exemplu, intră în constituția citocromilor indispensabili respirației celulare, Mg se află în molecula de clorofilă, Mo etc. intră în constituția multor fermenți.

5. Apa se află în substanța vie în proporții foarte variabile: 95–98% în protoplasma activă și 10–15% în protoplasma cu viață în stare latentă. Apa din protoplasma activă există sub trei stări:

— *apă legată* (sau *apă de constituție*) care face parte integrantă din moleculele proteice și care nu poate fi separată de ele fără a altera profund celula. Proporția acestei ape intramoleculare este în medie de 3–4%;

— *apa de imbibitiție*, care impregnează coloizii hidrofili și constituie aproximativ 20%;

— *apa liberă*, care circulă prin interstițiile din protoplasmă.

6. Dacă substanțele citate există în citoplasma tuturor celulelor vii, și acesta este singurul caracter de asemănare al celulelor, în schimb există nenumărate deosebiri de amănunt între celulele diferitelor plante. Protoplasma are o constituție *specifică*, ea diferind de la specie la specie, și chiar la varietățile aceleiași specii, înainte de toate prin protidele sale, prin felul, proporția și modul lor de aranjare.

✱ *Studiul sumar al principalilor compuși chimici din protoplasmă*

După cum a reieșit din analiza plasmodiului de *Fuligo*, trei grupuri mari de substanțe organice: *protidele*, *lipidele* și *glucidele* singure constituie peste 70% din protoplasmă. Deși studiul acestor substanțe face obiectul altor discipline, considerăm că este imposibilă o înțelegere a structurii intime și a proprietăților protoplasmei fără o cunoaștere prealabilă a acestor compuși, care de altfel reprezintă trei mari categorii de substanțe organice.

Protidele sau substanțele proteice

✱ Protidele sînt reprezentate în materia vie cu o proporție în jur de 40–50%, alcătuiind astfel majoritatea relativă față de toate celelalte substanțe împreună. Ele, deci, împreună cu acizii nucleici reprezintă componenții

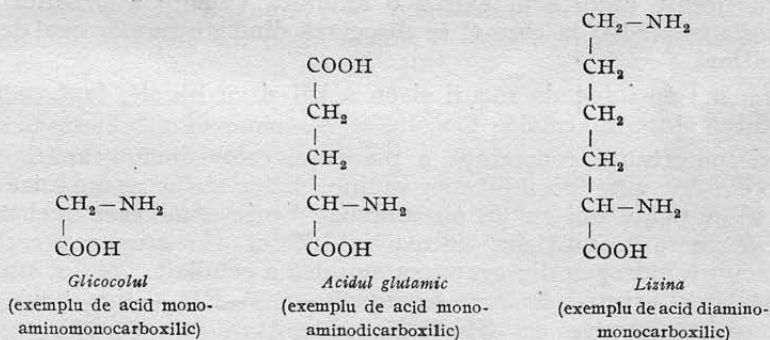
cei mai caracteristici ai materiei vii, fără de care nu poate avea loc creșterea și înmulțirea acesteia.

Substanțele proteice și acizii nucleici din molecula nucleoproteidelor reprezintă cele mai complexe edificii moleculare, complexitatea datorându-se atât masei lor, cu greutatea moleculară ce variază între 17 000 (mioglobina) și 43 000 000 (virusul mozaicului de tutun), cât mai ales arhitectonicii lor interioare infinit de variate, la care se pot atașa ioni, molecule minerale, organice și substanțe active, care determină mobilitatea chimică a materiei vii și deci marea diversitate a proceselor vitale.

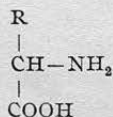
În grupa protidelor se includ toți compușii chimici care eliberează prin hidroliză *aminoacizi*, precum și aminoacizii înșiși, compuși, care se pot reuni după complicația crescândă a moleculei lor în trei categorii: *aminoacizi*, *polipeptide* și *proteide*.

Aminoacizii — numiți încă și *mono-peptide* — sînt „pietrele de construcție” ale moleculei proteice. Numele de aminoacizi li s-a dat deoarece în molecula lor intră în mod obligatoriu cel puțin două funcțiuni organice antagoniste: o funcțiune *carboxil*, acidă — COOH și alta *aminică*, bazică — NH_2 , dar și una și alta dintre aceste funcțiuni se pot repeta, o dată sau de mai multe ori, în molecula aceluiași aminoacid.

Cel mai simplu aminoacid este *glicocolul*, *acidul aminoacetic* sau *glicina*, cu doi atomi de carbon în moleculă, la fiecare din ei legîndu-se cîte una din funcțiunile amintite; *Acidul glutamic* însă are două grupări carboxilice în moleculă, iar aminoacidul *lizina* are două grupări aminice



Pornind de la glicocol, dacă se înlocuiește încă un hidrogen din gruparea CH_2 cu un radical R , se ajunge la formula generală a aminoacizilor:



Deoarece radicalul *R* poate aparține celor mai variate grupe de substanțe din chimia organică și poate prezenta funcțiuni chimice variate, ca: acid, alcool, fenol, amină, amidă etc., urmează că aminoacizii sînt extrem de numeroși și de variați; ei pot fi liniari, ciclici, sulfurați, heterociclici etc. În celulele vegetale s-au putut identifica 20 de aminoacizi, din cei aproximativ 25 cîți iau parte la alcăturirea moleculei de proteine. Aici ei iau naștere prin proteosinteză primară, de care numai celulele *autotrofe*¹ sînt capabile, plecînd de la amoniac sau azot liber și cetoacizi. În celulă, aminoacizii se pot găsi și sub formă liberă în protoplasmă și în sucule celular, dar cei mai mulți dintre ei sînt blocați în moleculele proteice.

Aminoacizii sînt substanțe solide, albe, solubile în apă în grade diferite, după compoziția lor, cristalizabile. Rolul lor fiziologic mare în calitate de unități structurale ale proteidelor, se leagă de două proprietăți pe care le posedă, și anume: caracterul lor *amfoter* și facultatea lor de *condensare*. Ambele proprietăți se datoresc prezenței în molecula lor a celor două funcțiuni de reacție contrară. Dacă numărul grupărilor acide și bazice din aceeași moleculă de aminoacid este egal, acesta va fi neutru în soluție apoasă; dacă una din grupări depășește cu unu numărul celeilalte, atunci reacția aminoacidului în soluție apoasă este fie acidă, fie bazică. Aminoacizii disociază — din aceeași cauză — în soluție apoasă în funcție de reactivitatea acesteia (*pH*), putînd furniza 3 categorii de ioni: ioni pozitivi în mediu acid, ioni negativi în mediu bazic și ioni micști, dipolari, cu 2 sarcini egale și de semn contrar, care nu sînt transportați de către curentul electric spre nici unul din poli.

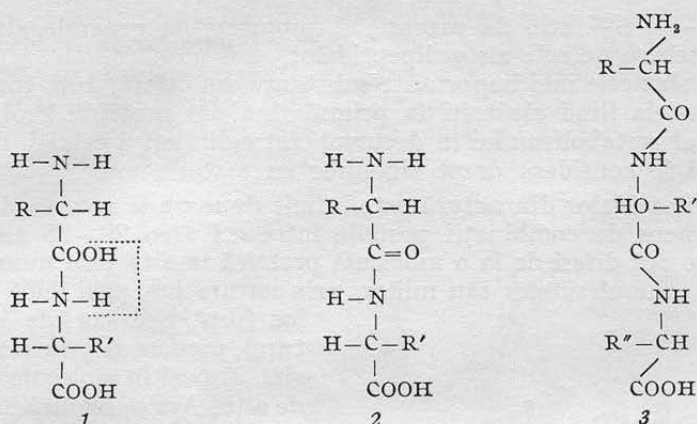
Pentru fiecare aminoacid există o anumită valoare a *pH*-ului numită *punct izoelectric* (*pHi*) la care el se disociază dînd un număr egal de anioni și de cationi.

Aminoacizii deci pot da săruri și cu acizii și cu bazele, fapt ce mărește reactivitatea lor în celulă.

Și mai importantă consecință a prezenței celor două grupări contrare în molecula lor este posibilitatea aminoacizilor de a se uni între ei. Orice aminoacid se poate uni cu un alt aminoacid prin eliminarea unei molecule de apă. Aceasta rezultă din unirea oxidrilului din gruparea carboxilică a unuia, cu un hidrogen din gruparea aminică a celuilalt. Cei doi aminoacizi se leagă între ei printr-o *legătură peptidică* —CO—NH—, iar noul compus rezultat poartă numele de *dipeptidă*.

Dipeptida se termină cu cîte un radical liber la fiecare capăt: —COOH și —NH₂; oricare dintre aceștia se poate uni cu un radical contrar de la un al 3-lea aminoacid, formînd o *tripeptidă*, care se va termina în același mod etc. Cînd numărul aminoacizilor legați între ei prin legături peptidice este foarte mare, compusul rezultat poartă numele de *polipeptidă*.

¹ De la grec. *autos* = eu însumi și *trophein* = a se hrăni.



Formarea unui dipeptid din doi aminoacizi prin legătură peptidică (1, 2) și a unui tripeptid dintr-un dipeptid și un aminoacid (3)

Polipeptidele sînt deci grupări de aminoacizi legați între ei prin legături peptidice. Numărul moleculelor de aminoacizi legați în polipeptide poate fi mai redus sau mai mare; ei se pot lega formînd lanțuri sau pot forma cicluri, prin eliminarea de apă între grupările contrare terminale. Molecula polipeptidelor poate fi formată din aminoacizi *de același fel* sau din aminoacizi *diferiți*; în ultimul caz, aminoacizii pot fi dispuși în molecula peptidică *în orice ordine*, fapt ce are ca urmare un număr de posibilități de combinare și deci un număr de polipeptide practic nelimitat: 20 de aminoacizi diferiți pot da, după modul în care se pot dispune moleculele lor, un număr de combinații de $23 \cdot 10^{17}$.

În laborator, chimistul E. Fischer a putut obține pe cale sintetică o *octodecapeptidă* din 15 molecule de glicocol și 3 molecule de leucină, corp cu o greutate moleculară de 1213.

În natură, polipeptidele sînt destul de rar întîlnite; amintim, dintre cele aflate în plante *glutathionul*, o tripeptidă care se găsește în toate celulele și are un rol fiziologic foarte important, constituind un sistem de oxidoreducere.

Dat fiind faptul că molecula polipeptidelor, oricît de mare ar fi, se termină la capete cu cîte o grupare funcțională liberă, un carboxil și una aminică, că partea axială a moleculei poate purta numeroase ramuri laterale, care, de asemenea, se pot termina cu radicali liberi, proprietățile polipeptidelor nu se deosebesc, în esență, de cele ale aminoacizilor. Prin hidroliză, polipeptidele se descompun în aminoacizii alcătuitori.

Proteidele. Sînt produși naturali cu molecule gigantice (macromolecule), cu proprietăți coloidale în soluție, care dau prin hidroliză aminoacizi, dar a căror moleculă este incomparabil mai complexă decît a polipeptidelor, deoarece în cadrul ei aminoacizii se unesc nu numai prin legături peptidice, ci și prin alte tipuri de legături, ca, de exemplu: amidice, salifere, esterice,

bisulfurice —S—S— etc. Ca urmare, și proprietățile generale ale proteidelor se deosebesc de cele ale polipeptidelor.

Proteidele sînt cele mai importante substanțe din celulă, toți constituenții vii ai acesteia fiind alcătuiți în primul rînd din proteide. Proteidele se află în centrul metabolismului în decursul întregii vieți a celulei, de aceea mulți biologi le consideră drept sinonime cu materia vie.

Numărul proteidelor din natură este infinit de mare și aceasta din cauza numărului imens de combinații posibile între cei vreo 20—25 aminoacizi naturali, care pot diferi de la o moleculă proteică la alta prin numărul lor, care este de ordinul sutelor sau miilor, prin natura lor, prin felul legăturii

lor (peptidice sau de altă natură), precum și prin modul cum sînt dispuși în moleculă unii față de alții. Așa se explică faptul că fiecare specie de animal sau de plantă își are proteida sau proteidele sale proprii.

Molecula proteică are deci o arhitectură caracteristică ce-i conferă proprietățile sale biologice.

Să dă numele de *structură primară* a proteinelor alcătuirii lor chimice de bază, adică succesiunii de aminoacizi care o formează și ordinea în care sînt plasate grupările laterale ale lanțului polipeptidic. Astfel, cu ajutorul analizei cu raze X, se cunoaște secvența celor 124 aminoacizi din ribonuclează, a celor 158 aminoacizi din molecula virusului mozaicului de tutun sau a celor 574 aminoacizi din molecula de hemoglobină.

Dar lanțul polipeptidic se poate și înfășura în elice, ale cărei spire sînt menținute stabile prin punți de hidrogen. O astfel de dispoziție spațială a moleculei proteice constituie o *structură secundară* (fig. 26).

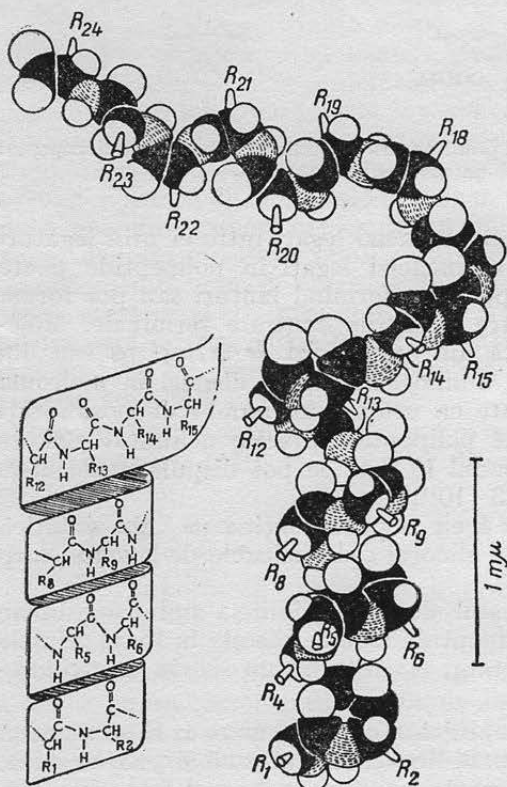


Fig. 26. Structura secundară a unui lanț de polipeptide înfășurat în elice (după Nougarede, 1969).

Lanțurile polipeptidice, dispuse după structura lor primară și secundară, se pot replica și forma bucle ce se dispun în spațiu într-un mod perfect definit care asigură construcția unei *molecule specifice*. Segmentele repliate se pot lega între ele în mod diferit: prin punți de H, prin legături

disulfurice —S—S, prin legături fosfo-di-ester, prin forțe Van der Waals și prin forțe de atracție electrostatică, legături care se fac la niveluri *riguros definite* și mențin rigiditatea moleculei proteice, care, în acest caz, îmbracă o *structură terțiară* (fig. 27).

Prin metoda difracției cu raze X, se cunoaște astăzi structura terțiară a hemoglobinei și a mioglobinei.

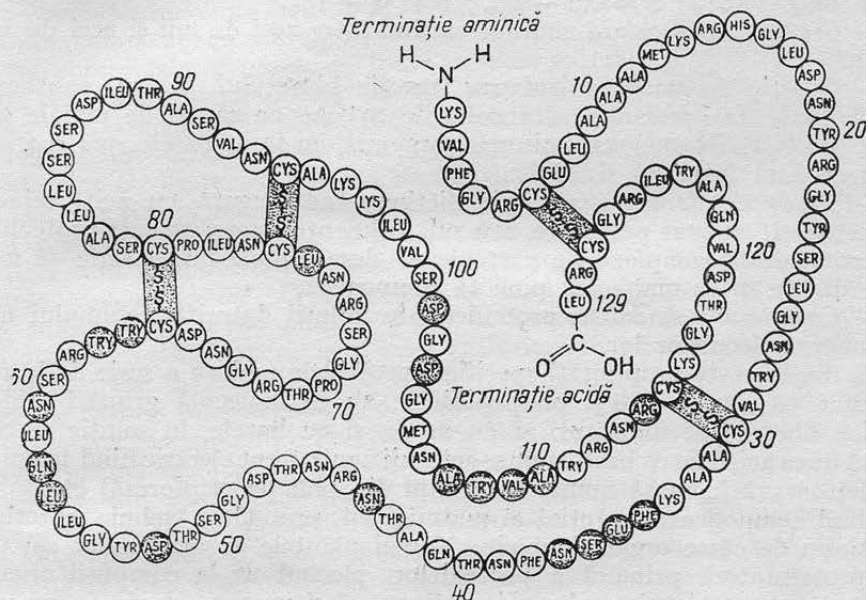


Fig. 27. Structura terțiară a moleculei proteice de lizozim (un ferment). Cutele lanțului polipeptidic din 129 aminoacizi sînt legate prin 4 punți disulfurice —S—S—, între opt resturi de cisteină (după B u v a t, 1969).

Structura terțiară este prezentă la majoritatea proteinelor funcționale ale protoplasmei.

În alte cazuri, o moleculă proteică poate rezulta din asocierea, într-un mod specific și riguros, a două sau mai multe lanțuri polipeptidice; spunem că ea îmbracă o *structură cuaternară* care definește *ultrastructura* moleculei proteice. Structura cuaternară se întâlnește la foarte multe proteine, însă nu în mod obligator la toate.

Moleculele proteice cu structură terțiară și cuaternară sînt foarte mari, ele se numesc *macromolecule* și multe dintre ele sînt vizibile cu microscopul electronic. Activitatea biologică specifică a proteinelor necesită *integritatea absolută* a tuturor tipurilor de structuri amintite. Condițiile de mediu pot influența și deforma aceste structuri (*pH*, temperatura, activitatea toxinelor etc.). Dacă agenții amintiți deformează structurile proteinelor, acestea din urmă își pierd proprietățile specifice și se numesc *proteine denaturate*.

Cu toată infinita lor varietate, proteidele pot fi grupate într-o aceeași familie naturală de compuși organici, datorită faptului că ele prezintă o serie de proprietăți comune dintre care cele mai importante sînt următoarele:

— *Compoziția lor elementară* și chiar cea procentuală este aproape aceeași. În molecula lor intră întotdeauna cinci elemente, adesea șase, în proporțiile respective: C = 51 — 56%; H = 6,5 — 7,7%; O = 14 — 20%; N = 15,5 — 18%; S = 0,5 — 2%; P = 0 — 1%.

— *Greutatea moleculară* enormă variind între zeci de mii și zeci de milioane.

— O serie de *reacții de colorare* (reacția biuretilui, Millon, xanthoproteică etc.), *de precipitare* din soluțiile apoase cu săruri de metale grele (Hg, Pb, Cu, Bi etc.), cu unii acizi organici, cu taninuri etc., *de coagulare* prin căldură între 56 și 100°.

— *Produsele de hidroliză*. Prin fierbere îndelungată cu acizi minerali concentrați, cu baze puternice, sau sub influența unor fermenți proteolitici, macromolecula complexă de proteide se descompune într-o serie de molecule din ce în ce mai mici, pînă la aminoacizi.

— *Caracterul coloidal* al proteidelor în soluții datorită volumului mare al macromoleculelor lor.

Pe lîngă aceste proprietăți specifice, proteidele mai au o serie de însușiri comune cu aminoacizii și polipeptidele: au în moleculă grupări acide și baze libere, pot da săruri și cu acizii, și cu bazele, în soluție se comportă fie ca acizi, fie ca baze, supuse acțiunii unui curent electric fiind în soluție se deplasează în masă numai spre unul din poli (electroforeză) etc.

Fiind componentul esențial al materiei vii, proteidele trebuie sintetizate continuu de către organismul viu. Numai plantele autotrofe sînt capabile de proteosinteză primară a proteidelor, plecînd de la compuși organici cu azot; restul viețuitoarelor sînt obligate să-și procure și să încorporeze sub formă de hrană și proteide de origine animală sau vegetală.

Holoproteide și heteroproteide. Cele mai multe proteide dau prin hidroliză totală numai aminoacizi. Acestea se numesc *holoproteide*¹ sau *proteide*. Aici aparțin majoritatea proteidelor din regnul vegetal.

Prin faptul că molecula holoproteidelor posedă radicali liberi, ea are facultatea să reacționeze cu molecule minerale sau organice neproteice, dînd naștere unor combinații complexe numite *heteroproteide*². Prin hidroliză, molecula heteroproteidelor se descompune mai întîi într-un *grup neproteic*, numit încă și grup *prostetic*³ și o moleculă proteică, aceasta din urmă hidrolizîndu-se pînă la aminoacizi.

După natura grupului neproteic, heteroproteidele se pot clasifica în mai multe categorii, cele mai importante fiind următoarele:

— *Fosfoproteidele*, în care molecula proteică se combină cu acidul fosforic H_3PO_4 . Se găsesc mai ales în regnul animal (lapte, ouă etc.).

¹ De la grec. *holos* = întreg.

² De la grec. *heteros* = diferit.

³ De la grec. *prostethos* = adăugat

— *Glicoproteidele* au ca grup prostetic un zahăr; se află în salivă, albul de ou; lipsesc din celulele vegetale.

— *Lipoproteidele* — combinații între proteide și substanțe de natură grasă — se găsesc în toate celulele.

— *Cromoproteidele* au ca grup prostetic un pigment colorat organic. Aici aparțin hemoglobina, clorofila, citocromii etc.

— *Nucleoproteidele* au ca grup prostetic *acizii nucleici*, ei înșiși substanțe organice complexe cu fosfor.

Nucleoproteidele se găsesc în toate celulele animale și vegetale, în proporții mai reduse decât holoproteidele, proporții care variază foarte mult de la un tip de celulă la altul. Ele iau parte la cele mai importante acte fiziologice din celulă, cum sînt: diviziunea cariocinetică, transmiterea caracterelor ereditare, activitatea enzimatică etc.

Acizii nucleici ai nucleoproteidelor sînt compuși organici complecși, ale căror unități structurale „cărămizile” din care este construită molecula lor (așa cum aminoacizii sînt unitățile structurale ale holoproteidelor), se numesc *mononucleotide*. O moleculă de acid nucleic conține mai multe sute, uneori de la 1 000 pînă la 2 000 de nucleotide, și chiar mai multe.

Hidrolizat prin fierbere sau acid sulfuric sau pe cale enzimatică, un nucleotid pune în libertate acid fosforic (PO_3H_4), o pentoză (zahăr cu 5 atomi de carbon în moleculă) și o bază azotată aparținînd fie seriei *purinice* (adenină sau guanină), fie celei *pirimidinice* (citozină, timină și uracil, această ultimă bază azotată fiind mai rar întîlnită).

Pentoză din nucleotide poate fi *riboza* ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$), în care caz acidul nucleic respectiv se numește *acid ribonucleic* (ARN) sau *dezoxiriboza* ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$), în care caz acidul nucleic respectiv se numește *acid dezoxiribonucleic* (ADN).

Cei doi acizi nucleici, pe lîngă pentoză prin care se deosebesc, diferă și prin bazele azotate; ADN-ul conține adenină, timină, citozină și guanină, pe cînd ARN-ul conține adenină, uracil, citozină și guanină. De asemenea, numărul nucleotizilor din ADN este cu mult mai mare decât al celor din ARN. În timp ce ADN-ul se găsește în proporție mare în nucleu (pînă la 10%) și aproape lipsește din celelalte organele vii ale celulei, ARN-ul se află în citoplasmă, condriozomi, microzomi etc., putînd îmbrăca trei aspecte: ARN ribozomal (ARN_r), ARN-solubil sau de transfer (ARN_s sau ARN_t) și ARN mesager (ARN_m) descoperit relativ recent de Jacob și Monod (1964).

În zilele noastre, studiul acizilor nucleici a luat o dezvoltare foarte mare, dat fiind faptul, dovedit experimental, că ei sînt capabili să determine biosinteza proteinelor (aranjarea spațială specifică a celor aproximativ 20 de aminoacizi din materia vie) și că ei conțin un „cod genetic” cu ajutorul căruia se transmite informația ereditară de la celula-mamă la celulele fiice.

Se cunoaște astăzi configurația spațială a ADN, grație cercetărilor lui Watson și Crick (1953), a cărei macromoleculă este formată din două lanțuri paralele de nucleotide, înfășurate în formă elicoidală în jurul unui ax comun, legate prin punți de hidrogen, unul avînd direcție

ascendentă și altul descendentă (fig. 28). Legătura se face întotdeauna între o bază purinică și alta pirimidinică, așa încât sînt posibile patru tipuri de legături (existînd două baze purinice: adenina și guanina, și două baze pirimidinice: timina și citozina) (fig. 29). După cum macromolecula de ADN este formată dintr-un număr considerabil de nucleotide,

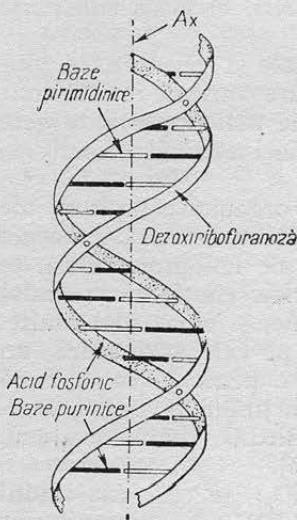
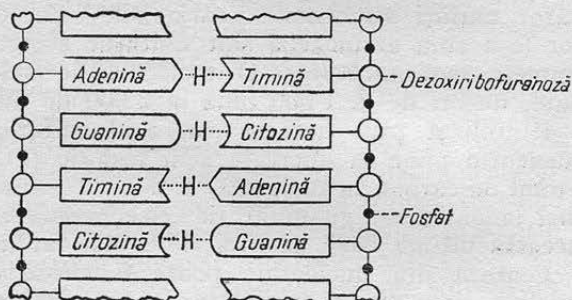


Fig. 28. Reprezentarea spațială a moleculei de ADN (după Pilet).

Fig. 29. Legăturile bazelor azotate purinice și pirimidinice prin punți de hidrogen (după Pilet, modificată).



și cele patru tipuri de legături între cele două lanțuri spiralate se pot succeda în foarte multe moduri, posibilitățile de variație ale ADN fiind practic nelimitate.

Modificările în structura macromoleculei de acizi nucleici duc la modificări în biosinteza proteinelor, și, ca urmare, la apariția de mutații ereditare. Nu este departe timpul cînd, pe baza celor de mai sus, va putea fi dirijată ereditatea organismelor prin acționarea asupra codului genetic al acizilor nucleici.

Lipidele sau substanțele grase

În grupa *lipidelor*¹ sau, în sens mai larg *a substanțelor grase* intră o serie heterogenă de substanțe organice, insolubile în apă, solubile însă într-o serie de solvenți organici, ca: eterul, cloroformul, benzenul, sulfura de carbon etc.

Analizele plasmodiului de *Myxomycetes* au pus în evidență proporții de 11–24% lipide; în celulele specializate, proporțiile lipidelor pot fi mult mai mici sau mult mai mari, lipidele fiind prezente în toți constituenții celulari vii.

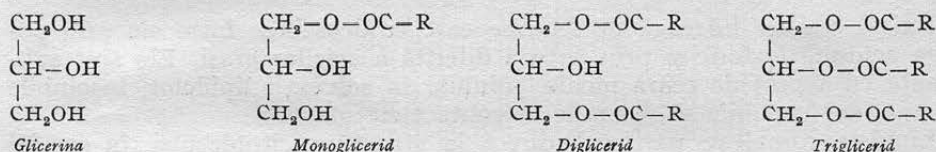
¹ De la grec. *lipos* = corp gras.

Din punct de vedere chimic, lipidele sînt *esteri* ai unor alcooli și *acizi grași*. După elementele chimice din molecula lor, lipidele se clasifică în două categorii: *lipide ternare*, care conțin în moleculă numai trei elemente: C, H, O, și *lipide complexe* care, pe lîngă cele trei elemente, mai conțin și P sau P și N. Ambele categorii se colorează la fel cu anumiți reactivi lipidici: în roșu cu Sudan III și cu tinctura de Alkanna și în negru cu acidul osmic. Lipidele ternare, în general, nu iau parte la constituția organelor celulare vii, ci se găsesc în acestea numai sub formă de substanțe de rezervă, ca picături sau *elaioplaste*¹; lipidele complexe însă intră în însăși constituția materiei vii.

Lipidele ternare cuprind trei grupuri de compuși: *gliceridele*, *steridele* și *ceridele*.

Gliceridele, numite și *grăsimi neutre*, sînt esterii alcoolului *glicerina* cu *acizii grași*, dintre care cei mai obișnuiți sînt *acidul palmitic* $C_{15}H_{31}-COOH$, *acidul stearic* $C_{17}H_{35}-COOH$, *acidul oleic* (nesaturat, avînd o dublă legătură în moleculă) $C_{17}H_{33}-COOH$, *acidul linoleic* (cu două duble legături) $C_{17}H_{31}-COOH$ dar alături de care se mai întîlnesc în grăsimi și alți acizi.

Cei trei oxidrili ai glicerinei pot fi esterificați toți, numai doi sau numai unul; de asemenea, ei pot fi esterificați cu același acid, cu doi acizi diferiți sau cu trei acizi diferiți, felul acizilor grași și modul cum sînt repartizați în molecula grăsimilor determinînd proprietățile acestora. Există printre grăsimi monogliceride, digliceride și trigliceride:



La plante, grăsimile sînt mai ales de tipul trigliceridelor mixte, în care acizii grași sînt nesaturați (oleic și linoleic); de aceea ele au, de regulă, o stare lichidă la temperatura obișnuită și se numesc *uleiuri*. Există însă și grăsimi vegetale solide, numite *unturi*, ca, de exemplu, untul de cacao sau untul de cocos.

Fierate cu KOH sau NaOH, gliceridele se descompun în glicerină și acizi grași, ultimii se combină cu baze și formează săruri alcaline numite *săpunuri* (stearați, oleați, palmitați de K sau Na).

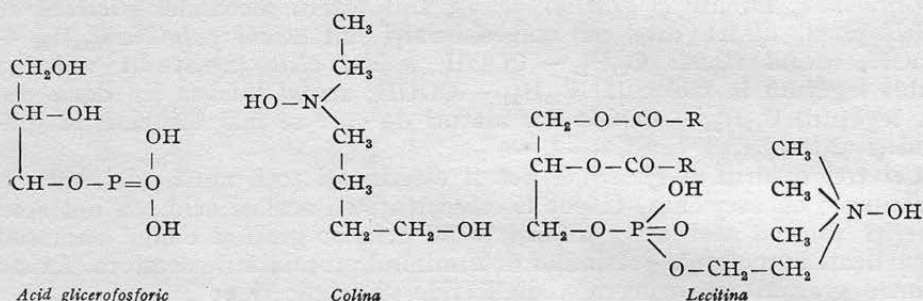
Steridele sînt esterii unor monoalcooli ciclici numiți *steroli*, cu acizii grași obișnuiți, cu proprietăți diferite de gliceride. Nici ele nu sînt substanțe constitutive ale citoplasmei, ci se găsesc în aceasta ca rezerve, adesea amestecate cu gliceridele.

Ceridele sau *ceara vegetală* sînt substanțe solide care se topesc la o temperatură în jur de 60°C. Din punct de vedere chimic, ceridele sînt esterii unor acizi grași cu greutate moleculară mare (acidul cerotic, lignoceric,

¹ De la grec. *elaion* = ulei și *plastos* = format.

melisic etc.), cu un monoalcool saturat, de asemenea cu greutate moleculară mare (alcoolul cerilic $C_{27}H_{55}OH$). La plante, ceara produsă în interiorul celulelor este exsudată în afară și învelește și apără anumite organe ca: frunze, fructe, tulpini etc.

Dintre lipidele complexe, cele mai importante pentru celula vegetală sînt grăsimile care conțin azot și fosfor în moleculă, numite *fosfoaminolipide*, iar dintre acestea, *lecitinele*. În molecula lecitinelor intră *glicerina*, *acizi grași* cu 16 și 18 carboni, *acid fosforic* și un alcool azotat, *colina*. Baza moleculei lecitinelor este acidul *glicerofosforic*, compus în care unul din oxidrilii glicerinei este esterificat cu acid fosforic. Ceilalți doi oxidrilii ai glicerinei sînt esterificați cu acizi grași; la rîndul său, un oxidril al acidului fosforic esterifică alcoolul cu funcție bazică, colina.



Există o serie întreagă de lecitine care se deosebesc între ele prin poziția acidului fosforic și prin natura diferită a acizilor grași. Ele sînt substanțe cu aspect de ceară moale, solubile în solvenții lipidelor, insolubile în apă, dar capabile să se umfle în contact cu apa.

Lipidele complexe participă direct la structura citoplasmei, în special la structura plasmalemei și tonoplastului.

După cum se comportă față de apă, molecula lecitinelor este *bipolară*: ea are un pol *hidrofil*¹, reprezentat de colină și de acid fosforic, și unul *hidrofob*², reprezentat de cei doi acizi grași. Forma schematică a moleculei este aceea a unui diapazon, al cărui mîner reprezintă polul hidrofil, iar cele două furci, polul hidrofob (fig. 30).

Datorită alcătuirii sale bipolare, molecula de lecitină se poate lega prin oricare din polii săi cu molecule proteice, formînd lipoproteide cu legătură laxă; din aceeași cauză, lecitinele pot forma lamele monomoleculare, bimoleculare sau sisteme de astfel de lame, la suprafețele de contact dintre faze diferite, cum este contactul dintre membrana celulozică și citoplasmă, dintre celula lipsită de perete celulozic și apă sau aer, dintre suc celular din vacuolă și citoplasmă. Asemenea sisteme de lame există numeroase în citoplasmă. În cadrul lor, complexul lipoproteic se aranjează așa cum se vede în figura 31. Polii hidrofilii ai moleculelor fosfoami-

¹ De la grec. *hydor* = apă și *philos* = iubitor, prieten.

² De la grec. *hydor* = apă și *phobos* = teamă, frică.

Fig. 30. Schema unei molecule de lecitină. Cele două grupuri hidrocarbonate hidrofobe sînt desenate în negru; grupul colină + acid fosforic, hidrofil, hașurat (după Guilliermond).

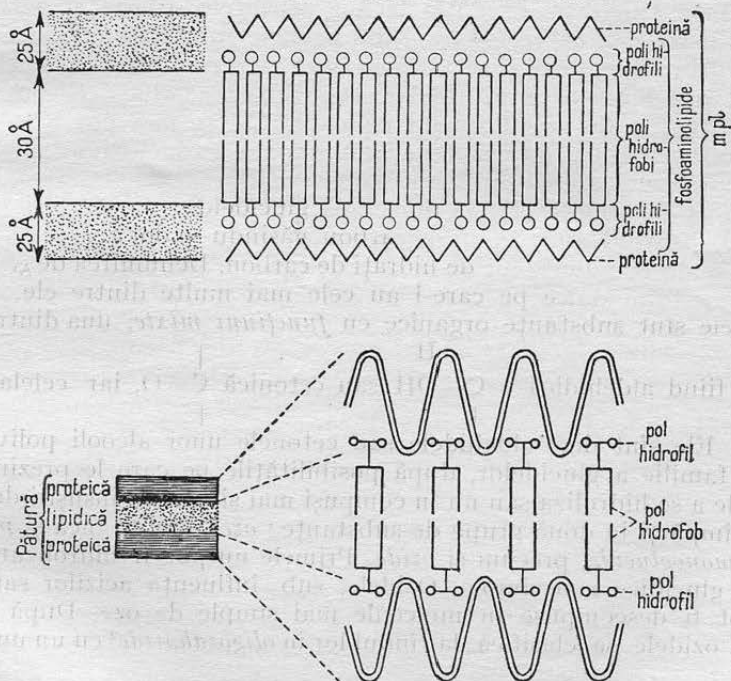
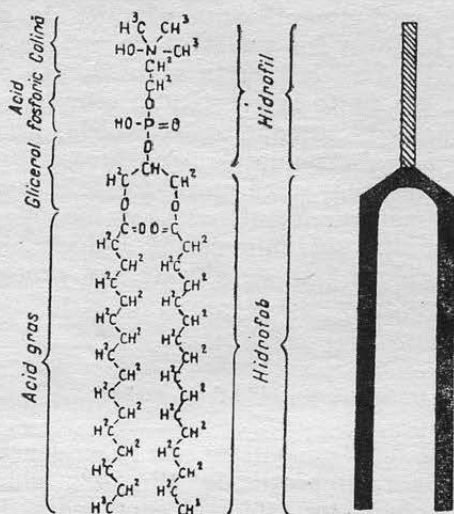


Fig. 31. Organizarea moleculară a unei membrane plasmatice simple (după Nougarede, 1969).

nolipidice se îndreaptă spre păturile de proteine cu care se asociază, și care au în jurul lor un strat de apă legată, iar polii hidrofobi se așează față în față. În felul acesta se realizează o membrană plasmatică simplă.

Fără a lua parte la constituția citoplasmei, lipidele zise *de rezervă*, din care se găsesc în aproape toate celulele, fiind prezente în proporții uneori de peste 50% în semințele oleaginoase (în, cînepă, floarea-soarelui, migdale, măsline etc.), joacă un rol foarte important în viața celulei, ele constituind cea mai importantă sursă de energie pentru organism. Avînd puțin oxigen și mult C și H în moleculă, lipidele eliberează prin ardere un număr dublu de calorii față de glucide sau protide (9,3 cal față de 4,1, respectiv 4,6 cal).

Glucidele (zaharuri sau hidrați de carbon)

Analizele de plasmodii au pus în evidență existența, în compoziția acestora, a unor proporții de 12—24% glucide. În celulele cu membrană, proporția glucidelor este mult mai mare. Din punct de vedere al participării lor la structura intimă a protoplasmei, deși prezente în toate celulele vii, glucidele au un rol cu mult mai redus decît celelalte două grupe de substanțe analizate, excepție făcînd pentozele riboza și dezoxiriboza. Rolul lor mare este cel *metabolic*, fiind primele substanțe organice realizate în celulă prin fotosinteză și servind ca bază pentru formarea acizilor organici, deci și a lipidelor și protidelor. De asemenea, glucidele sînt substanțele constitutive ale membranelor celulare. Ele se mai pot găsi dizolvate în sucule celular (zaharoza, maltoza, inulina) sau ca incluziuni ergastice sub formă de grăuncioare de amidon.

Din punct de vedere chimic, molecula glucidelor conține trei elemente: C, H și O, pentru fiecare atom de carbon găsindu-se doi atomi de H și unul de O, de unde și numele lor de hidrați de carbon. Denumirea de *glucide*¹ și-o dătoresc gustului dulce pe care-l au cele mai multe dintre ele.

Glucidele sînt substanțe organice cu *funcțiuni mixte*, una dintre funcți-

unile lor fiind aldehydică $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$ sau cetonică $\begin{array}{c} | \\ \text{C}=\text{O} \end{array}$, iar celelalte fiind alcoolice. Ele sînt deci aldehidele sau cetonele unor alcooli polivalenți.

Marea familie a glucidelor, după posibilitățile pe care le prezintă molecula lor de a se hidroliza sau nu în compuși mai simpli cu însușiri de glucide, se poate împărți în două grupe de substanțe: *oze*, numite încă și *monozaharide* sau *monoglucide*, precum și *ozide*. Primele nu pot fi hidrolizate în alte molecule glucidice mai simple. Ozidele, sub influența acizilor sau a enzimelor pot fi descompuse în molecule mai simple de oze. După numărul acestora, ozidele se clasifică la rîndul lor în *oligozaharide*² cu un număr mic

¹ De la grec. *glykys* = dulce.

² De la grec. *oligos* = puțin.

de oze în moleculă (2—5) și *polizaharide*¹, la care numărul acestora este mult mai mare (6— n).

Ozele se clasifică după numărul de atomi de carbon din moleculă și se numesc adăugînd la numele grecesc al numărului de atomi de carbon sufixul „oză”. Ele sînt deci bi-tri-tetra-penta și hexoze. Mai importante pentru celula vegetală sînt *pentozele* $C_5H_{10}O_5$ și *hexozele* $C_6H_{12}O_6$. Dintre *pentoze*, mai frecvente la plante amintim: *arabinoza*, *xiloza* și *riboza*, iar dintre *hexoze*: *glucoza* (aldoză), *fructoza* (o cetoză) și *galactoza*.

Toate sînt substanțe ușor solubile în apă, cristalizabile, cu gust dulce, cu proprietăți *reducătoare* (iau oxigenul din anumite combinații) și fermentează sub acțiunea enzimelor, dînd alcool etilic și bioxid de carbon. Dintre oze, cea mai importantă este *glucoza*, a cărei moleculă poate prezenta fie o structură liniară, aciclică, fie una ciclică.

Dintre *oligozaharide*, cele mai importante sînt *dizaharidele* sau *diglucidele*, cu formula brută $C_{12}H_{22}O_{11}$, a căror moleculă se formează din unirea a două molecule de monozaharide, cu eliminarea unei molecule de apă.

Cele mai des întîlnite dizaharide la plante sînt: *zaharoza*, formată dintr-o moleculă de glucoză și una de fructoză. Zaharoza se află în sfeclă, trestie-de-zahăr, arțar; *maltoza*, formată din două molecule de glucoză, nu se află liberă în plante, dar apare ca o treaptă intermediară în hidroliza amidonului, mai ales în semințele în curs de încolțire și *celobioza*, formată tot din două molecule de glucoză, care apare în procesul de hidroliză al celulozei sub influența bacteriilor.

Polizaharidele sau poliglucidele sînt polimeri macromoleculari, cuprînzînd în moleculă un mare număr de monozaharide. Formula lor brută este $(C_6H_{10}O_5)_n$, unde n are valori de ordinul miilor, după unele determinări chiar al zecilor de mii, iar greutatea moleculară ajunge la un milion. Ca urmare, se hidrolizează greu cu acizi concentrați la cald sau cu ajutorul unor enzime; produsul de hidroliză caracteristic pentru fiecare polizaharid este un bizaharid.

Polizaharidele joacă un rol important în viața plantelor, putînd servi drept material de constituție al peretelui celular, fie ca substanțe de rezervă.

Principalele polizaharide din plante sînt: *amidonul*, care va fi studiat la capitolul incluziuni, *celuloza* — pe care o vom cunoaște cu ocazia studiului membranei, *inulina*, un polizaharid de rezervă caracteristic pentru plantele din familia *Compositae*, *lignina*, substanțele *pectice* etc.

Încheind cele referitoare la compușii chimici din citoplasmă, trebuie să atragem atenția că, așa cum rezultă și din analize, materia vie nu este alcătuită numai din protide, lipide și glucide. Mai există încă în corpul plantei numeroase substanțe organice de mai mică importanță, cum sînt glicosizii, acizii organici, uleiurile eterice, antocianii etc., pe care le vom

¹ De la grec. *polys* = mult.

studia odată cu sucul celular, substanțe active, ca : fermenți, vitamine, hormoni, substanțe organice disociate în ioni, precum și multă apă. Majoritatea acestor substanțe fără rol constitutiv îndeplinesc funcțiuni diverse în celulă și se studiază la fiziologie.

*Proprietățile fizico-chimice
și comportamentul protoplasmei*

Proprietățile chimice ale protoplasmei se datoresc în primul rând protidelor din compoziția ei, și multe dintre ele sînt comune cu ale protidelor : reacțiile de colorare, de precipitare, coagularea la căldură etc. Protoplasma are însă și unele proprietăți chimice proprii. Astfel, ea se dizolvă în KOH diluat la rece, în acid acetic concentrat la cald, reduce sărurile de argint colorîndu-se în negru și pe cele de seleniu, colorîndu-se în roșu.

× Reacția chimică a protoplasmei sau pH -ul ei, cum se mai numește, este *neutră* sau ușor *bazică* avînd valoarea de 7 sau puțin peste 7. Se știe că o soluție poate prezenta o reacție *acidă*, una *bazică* sau una *neutră*, și aceste reacții sînt determinate de *concentrația ionilor de hidrogen* din respectiva soluție.

× Protoplasma este o soluție apoasă care conține ioni de hidrogen (H^+) și ioni de oxidril (OH^-) în stare liberă, alături de care se găsesc și molecule de hidrogen (H_2). Ionii de H^+ și de OH^- , pe de o parte, ionii de H^+ și moleculele de H_2 , pe de altă parte, sînt totdeauna în echilibru, variațiile numerice ale unora condiționînd pe acelea ale altora. Valorile acestor echilibre sînt importante de cunoscut, deoarece ele determină activitatea celulară.

Apa pură este considerată ca perfect *neutră*. În jurul fiecărei molecule de apă se găsesc cantități egale de ioni de H^+ și ioni de OH^- .

Măsurători numeroase și foarte precise au demonstrat că într-un litru de apă se găsesc 10^{-7} g ioni H^+ și 10^{-7} g ioni OH^- .

Notînd cu C concentrațiile ionilor respectivi putem scrie :

$$C_{H^+} = C_{OH^-} = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$$

Concentrația ionilor H^+ din apă este deci de 10^{-7} . Prin convenție, se ia logaritmul cu semnul minus al acestuia și se notează cu simbolul pH (*pondus Hidrogenii*).

pH -ul unei soluții deci este *logaritmul cu semnul minus* al concentrației ionilor de H^+ din acea soluție :

$$pH = -\log \cdot C_{H^+}$$

În cazul apei,

$$pH = -\log 10^{-7} = 7$$

Prin extindere, toate soluțiile care au $pH = 7$ sînt considerate ca și apa pură, *neutre* ; cele cu pH mai mic decît 7 sînt *acide* ($pH = 1-7$) iar cele cu pH mai mare decît 7 ($pH = 7-14$) *bazice*.

Deși mulți dintre constituenții protoplasmei (aminoacizii, carbonații, fosfații etc.) sînt electroliti, deci se pot disocia eliberînd H^+ , pH -ul acesteia rămîne constant atîta vreme cît celula este vie și întregă. Protoplasma dispune de substanțe care pot bloca excesul de ioni de H^+ sau OH^- , menținînd astfel neschimbată valoarea pH -ului. Astfel de substanțe constituie așa-numitele *sisteme tampon*, reprezentate în celula vie prin bicarbonat-acid carbonic, fosfat monosodic-fosfat disodic, proteine-proteinate alcaline etc.

pH -ul condiționează întreaga viață celulară, deoarece variațiile lui influențează toate proprietățile protoplasmei (nutriția, absorbția etc.) și reacțiile enzimatice responsabile de toate transformările de materie și de energie din celulă. Viața nu se poate desfășura decît în limite foarte restrînse de pH .

Măsurarea pH -ului se poate face prin două metode: prin *metoda electrometrică*, ce constă în a măsura forța electromotrice care se dezvoltă între 2 electrozi impolarizabili, dintre care unul se afundă într-o soluție cu compoziția și deci pH -ul cunoscute, celălalt în soluția al cărui pH vrem să-l determinăm. Forța electromotrice provine din diferența de concentrație în ioni la contactul dintre electrozi. Metoda este puțin aplicată în citologie, deoarece înfigînd în celulă microelectrozi, aceasta este lezată și deci pH -ul ei normal schimbat.

Mai mult întrebuințată în biologie este a doua metodă, numită *metoda indicatorilor colorați*. Ea se bazează pe proprietatea unor substanțe, de regulă acizi sau baze slabe, de a-și schimba culoarea în funcție de pH . Așa sînt, de exemplu, portocaliul de metil, roșu în soluții acide, galben în cele alcaline; roșul de metil și roșul neutru se comportă în același mod; fenolftaleina este incoloră în soluții acide, roșie în cele bazice etc.

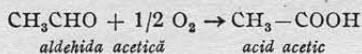
Pentru a efectua măsurători, comparăm soluția de studiat, după ce i-am adăugat cîteva picături de indicator, cu o serie de soluții cu pH -ul cunoscut, de același volum și conținînd aceeași cantitate de indicator.

La unele plante, sucul celular conține niște pigmenți numiți *antociani*¹, care se comportă ca indicatori, prezentînd o culoare violetă în mediul neutru, roșie în mediul acid și albastră în mediul bazic.

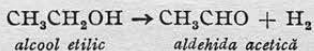
Fenomenele de oxido-reducere și noțiunea de rH_2 . Protoplasma este sediul a numeroase reacții chimice, unele de oxidare și altele de reducere, și totuși ea își păstrează neschimbată compoziția sa chimică. Faptul n-ar fi posibil dacă n-ar exista o stare de echilibru între sistemele de oxido-reducere care participă la metabolism.

Se știe că o *oxidare* se poate realiza prin 3 tipuri de reacții:

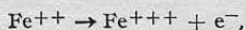
— prin *fixarea de oxigen* asupra unei molecule, de exemplu:



— prin *dehidrogenare* sau pierderea de hidrogen de către o moleculă, de exemplu:



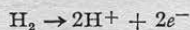
— prin *creșterea valenței* unui ion, de exemplu:



¹ De la grec. *anthos* = floare și *cyaneos* = albastru.

în care ionul feros a pierdut un electron (e^-), transformându-se într-un ion feric. Remarcăm, în acest ultim caz, că oxidarea s-a făcut fără intervenția oxigenului sau a hidrogenului. De fapt, în toate cazurile analizate, oxidarea s-a tradus printr-o pierdere de una sau mai multe sarcini de electricitate negativă (de electroni).

Oxidarea hidrogenului molecular, H_2 , se scrie astfel:



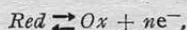
Cei 2 protoni de H^+ , forma oxidată, diferă de forma redusă, H_2 , prin pierderea de 2 electroni.

Numim *reducere* reacțiile inverse oxidărilor, reacții însoțite de un câștig de electroni pentru corpul redus.

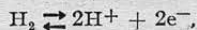
Repetăm remarca făcută mai sus, că oxigenul ce se fixează asupra unei molecule, oxidînd-o, nu este neapărat oxigen liber, gazos, ci el poate proveni de la o altă moleculă, care, pierzîndu-l s-a redus; tot la fel, hidrogenul smuls unei molecule prin dehidrogenare, nu se degajă în stare liberă, ci se poate fixa pe o altă moleculă, reducînd-o.

În celulele vii, numeroase reacții de oxidare și de reducere se produc simultan și sînt reversibile, ele putînd fi schematizate printr-un echilibru electrochimic între o formă redusă și o formă oxidată a unei aceleiași substanțe. Aceste sisteme reversibile poartă numele de *sisteme redox*. Faptul esențial este un schimb de electroni între un corp oxidat care pierde și unul redus care câștigă electroni, de unde numele de *fenomene de oxido-reducere* care li se dă.

În forma cea mai generală, ele se exprimă prin următoarea formulă:



care se exprimă astfel: forma redusă (*Red*) dă forma oxidată (*Ox*), eliberînd un anumit număr (n) de electroni (e^-). Cum transferul de electroni are drept urmare o diferență de potențial, în cazul fenomenelor de oxido-reducere se produce o schimbare de *potențial redox*. Aceasta depinde de activitatea moleculelor de H_2 prezente în mediu, deoarece acestea sînt susceptibile să elibereze electroni, disociindu-se după ecuația:



electroni care modifică starea de oxidare sau reducere a substanțelor din mediu.

Prin analogie cu simbolul pH , se notează cu rH_2 logaritmul cu semnul minus al concentrației moleculelor de hidrogen dintr-o soluție:

$$rH_2 = -\log CH_2.$$

Măsurarea valorii rH_2 se face, ca și cea a pH -ului, fie prin metoda electrometrică, fie prin cea colorimetrică, întrucît există și indicatori de rH_2 care-și schimbă culoarea cînd trec din forma oxidată (colorată) în forma redusă (incoloră).

Valoarea rH_2 -ului condiționează reacțiile metabolice celulare. Ea poate fi menținută constantă grație respirației celulare care asigură îndepărtarea

H_2 din metabolite și combinarea lui cu O, evitînd astfel ridicarea puterii reducătoare intracelulare. În plus, celula vie dispune și de o gamă de substanțe „tampon”: glutathionul (o tripeptidă), cisteina (aminoacid sulfurat), vitamina B₂, vitamina C etc., care, prin transformările lor reversibile, reglează concentrația H_2 intracelular. De asemenea, în celula vie există o serie de *enzime redox*, care realizează transferul hidrogenului de la compușii numiți *donatori* de hidrogen spre cei *acceptori*, asigurînd astfel o valoare constantă a rH_2 .

Proprietățile fizice ale protoplasmei ca: *semitransparența*, *indicele de refracție* mai mare ca al apei (1,35—1,50 față de 1 al apei), *densitatea* ei (raportul dintre masă și volum raportat la cel al unui cm^3 de apă distilată la temperatura de 4°C), de asemenea ceva mai mare ca a apei, și *viscozitatea* datorită frecării între ele a moleculelor și rezistenței la curgere, acest din urmă caracter variînd foarte mult nu numai de la o celulă la alta, ci chiar în interiorul aceleiași celule, după vîrsta și starea fiziologică a acesteia, depînd, înainte de toate, de starea ei de agregare.

«*Starea fizică* a protoplasmei este *coloidală*, o stare care prezintă atît caractere de lichid cît și de solid, fără însă a fi identică cu nici una din acestea. Într-adevăr, ca și lichidele, protoplasma *n-are o formă proprie*, ci ea împrumută forma celulei în care se găsește; protoplasma *curge* din celulele tăiate și, ajunsă în contact cu aerul, ia forma de picături sferice ca toate lichidele, datorită tensiunii superficiale caracteristică pentru acele corpuri. În interiorul celulelor, protoplasma execută mișcări diferite. Dar, contrar lichidelor, protoplasma este *elastică*.» Prin experiențe microchirurgicale, ea poate fi întinsă în fire foarte subțiri care, atunci cînd se rup, se scurtează brusc ca niște fire de cauciuc. Ori se știe că lichidele, din cauza mobilității mari a moleculelor lor, nu sînt elastice. Protoplasma, contrar lichidelor, este ușor compresibilă; protoplasma, în fine, deși conține între 80 și 90% apă, nu difuzează în apă și nu se împrăstie în apă, ci își păstrează forma și masa distinctă, ceea ce nu se întîmplă la lichide.

× Argumentele citate, și încă multe altele, ne conving de faptul că protoplasma nu este nici lichid, nici solid, ci un *sistem coloidal complex*.

× În chimia fizică, prin *stare coloidală* a materiei se înțelege o stare de dispersie foarte avansată a acesteia într-un *mediu de dispersie*. Particulele de substanță dispersate în mediu constituie *faza dispersă*, care împreună cu mediul de dispersie formează un *sistem de dispersie*. Există trei tipuri de sisteme de dispersie, după gradul de mărime al particulelor fazei disperse, și anume (tab. 2):

1. *Sisteme de dispersie grosieră*, în care particulele fazei disperse sînt mai mari decît 0,2 μ , putînd avea dimensiuni de mai mulți microni, milimetri sau chiar centimetri, vizibile cu microscopul sau chiar cu ochiul liber. Nisipul în apă, praful în argilă sau tușul în apă sînt exemple de sisteme de dispersie grosieră.

2. *Sisteme coloidale*, la care dimensiunile particulelor disperse sînt cuprinse între 0,2 μ —0,003 μ .

Aceste particule stau în suspensie în mediul de dispersie și nu pot fi văzute la microscop, dar își trădează prezența prin aspectul tulbure al sistemului.

✖ 3. *Sisteme moleculare* sau ionodisperse, care constituie soluțiile adevărate și la care mărimea particulelor dispersate este extrem de redusă, de ordinul zecimilor de miimi de micron, ele fiind reprezentate prin *molecule* sau *ioni* (particule materiale încărcate cu electricitate), care nu pot fi văzute cu aparate optice.

Tabelul 2

Dimensiunile particulelor celor trei sisteme de dispersie

	Sisteme moleculare	Sisteme coloidale	Sisteme de dispersie grosieră
Diametrul particulelor	$<0,003\mu$	$0,003-0,2\mu$	$>0,2\mu$

Există infinite treceri gradate de la soluțiile adevărate ale substanțelor cu molecule mai mari spre starea coloidală, și de la starea coloidală având particule dintre cele mai mari, spre sistemele de dispersie grosieră. De altfel și limitele date pentru dimensiunile particulelor sînt relative.

Materia aflată în stare coloidală prezintă o serie de proprietăți fizice particulare, dintre care mai importante sînt următoarele:

a) Coloizii sînt *optic heterogeni*: dacă un fascicul de lumină traversează un sistem coloidal, un observator așezat lateral față de direcția luminii vede sistemul luminat pe tot traiectul razei, ca și cum aceasta ar avea o existență reală. Același efect se poate observa într-o cameră întunecată, a cărei atmosferă este încărcată cu praf și în ea pătrunde lateral o rază de lumină. Fenomenul se datorește *difracției luminii* la nivelul particulelor coloidale. În soluțiile adevărate, moleculele sau ionii sînt prea mici, lumina nu difractă și deci soluțiile apar la microscop *optic homogene* sau *optic „goale”*.

✖ b) Particulele coloidale execută necontenit niște mișcări în zigzag, foarte complicate, numite mișcări *browniene*, după numele botanistului R. Brown, care le-a descoperit în 1827. Mișcările browniene se pot observa la ultramicroscop sub forma unor particule strălucitoare pe un fond negru, care „sar” în toate direcțiile, datorită bombardării lor de către moleculele invizibile ale mediului de dispersie în continuă mișcare.

✖ c) Sistemele coloidale *nu dializează*, adică nu trec prin ultrafiltre, avînd membrane animale sau vegetale cu pori fini, așa cum trec soluțiile adevărate.

✖ d) Particulele coloidale dispersate poartă *sarcini electrice uniforme* sau de același semn. Există coloizi *electropozitivi*, ale căror particule disperse poartă toate sarcinile electrice pozitive, și coloizi *electronegativi*, cu toate particulele purtînd sarcini negative. Numai în acest fel, respin-

gîndu-se reciproc, ele pot rămîne în permanență în suspensie în mediul de dispersie. Datorită aceluiași fapt, într-un cîmp electric, particulele coloidale se îndreaptă în masă spre un același electrod, + sau -, fenomen numit *electroforeză*.

* e) Caracteristica esențială a sistemelor coloidale este *enorma suprafață de contact*, care se realizează la granița dintre particulele dispersate și mediul de dispersie. Într-adevăr, s-a calculat (W. Ostwald) că dacă particulele înainte de dispersie ar avea forma cubică, cu latura de un cm și deci cu suprafața de 6 cm², iar după dispersie, rămînînd tot de formă cubică, laturile lor se micșorează, pentru fiecare micșorare de 10 ori suprafața totală a cubușoarelor se mărește de 10 ori, ajungînd la 6 000 m², atunci cînd latura particulei a scăzut pînă la un milimicron, fără ca volumul total al particulelor să fi depășit volumul inițial de 1 cm³. Măsura în care crește suprafața totală a particulelor și numărul acestora prin micșorarea laturilor se pot vedea în tabelul 3.

Plantele și animalele avînd structură celulară, iar constituenții vii ai celulelor alcătuiind sisteme coloidale, realizează suprafețe interioare enorme față de volumul lor. Astfel, după L u m i è r e, corpul omului, cu o suprafață de 1,5-1,7 m², constituit din proteine în greutate totală de 7 kg în stare uscată, prezintă o suprafață totală a particulelor proteice coloidale de 2 000 000 m², adică de 200 ha (tab. 3).

Tabelul 3

Creșterea suprafeței la același volum prin fragmentare

Latura cubului	Nr. noilor cuburi	Suprafața lor totală
1 cm	1	6 cm ²
1 mm	10 ³	60 cm ²
0,1 mm	10 ⁶	600 cm ²
0,01 mm	10 ⁹	6 000 cm ²
0,001 mm (1μ)	10 ¹²	6 m ²
0,1 μ	10 ¹⁵	60 m ²
0,01 μ	10 ¹⁸	600 m ²
0,001 μ (= 1 mμ)	10 ²¹	6 000 m ²

Pe o astfel de suprafață enormă, la contactul dintre particulele dispersate și mediul de dispersie, se dezvoltă forțe fizico-chimice considerabile, ca, de exemplu, *tensiunea superficială*, *adsorbția* (atracția și alipirea unei substanțe la suprafața alteia) etc. Cum majoritatea reacțiilor biochimice ale materiei vii sînt reacții de suprafață, se înțelege de ce numai starea coloidală este compatibilă cu viața.

f) Aspectele principale pe care le îmbracă sistemele coloidale sînt cele de *soluri* și cele de *geluri*.

Solurile sînt sisteme coloidale lichide, fără structură, în care particulele dispersate sînt nelegate între ele și mai mult sau puțin egale ca mărime.

Gelurile sînt sisteme coloidale avînd particulele dispersate, legate între ele mai strîns sau mai lax, deci cu structură, avînd elasticitate și rigiditate. Gelurile nu curg; ele au aspect de piftie, putînd fi mai tari sau mai moi și prezentînd o stare intermediară între starea lichidă și cea solidă.

Coloizi hidrofili și coloizi hidrofobi. Unii coloizi sînt formați din substanțe organice, înzestrate cu grupări funcționale care au afinitate pentru apă, cum sînt: $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{SH}$ etc. Astfel de grupări fixează la nivelul lor apă, iar coloizii respectivi se numesc *hidrofili*. Așa sînt proteidele, mucilagiile și mulți alți coloizi organici. Dimpotrivă, alți coloizi sînt constituiți din substanțe care n-au afinitate pentru apă: hidrocarburi, rășini, metale grele etc. Particulele lor nu fixează apă; aceștia sînt coloizi *hidrofobi*. Astfel sînt majoritatea coloizilor anorganici.

Coloizii din protoplasmă aparțin primei categorii, sînt deci hidrofili. În cazul acestora, stabilitatea coloizilor se datorește nu numai respingerii dintre particulele lor disperse încărcate cu sarcini de același semn, ci și marii afinități pe care particulele lor o au pentru apă. În stratul apos care înconjoară aceste particule, moleculele de apă, în stare de *dipoli* (fig. 32,a) sînt orientate și polarizate în funcție de sarcina electrică a particulei: dacă aceasta este $+$, cu polul lor $-$ spre centrul particulei

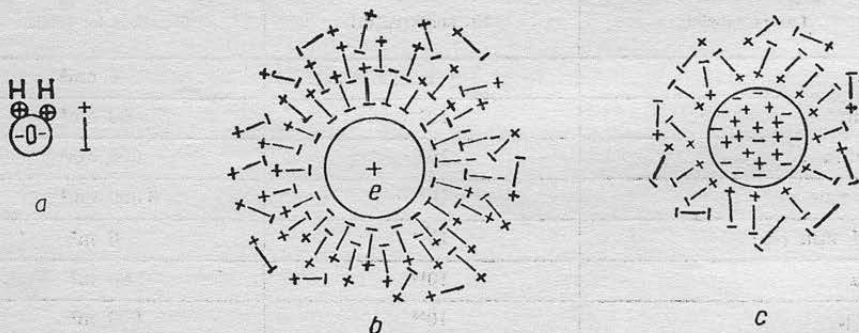
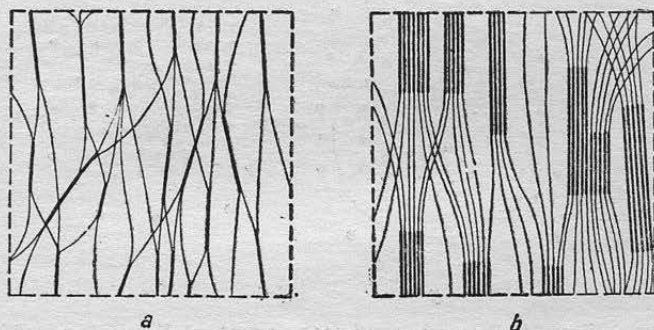


Fig. 32. Așezarea moleculelor dipolare de apă (a), în jurul particulelor unui coloid hidrofil (b,c) (după Pallmann, din Nougarede).

(fig. 32,b). Cum forțele care țin legate moleculele dipolare de particulă descresc cu distanța, se observă o trecere gradată de la stratul de dipoli perfect orientați care înconjoară particula, pînă la molecule de „apă liberă”, situate mai la distanță și aranjate la întîmplare. La punctul izoelectric (fig. 32,c) sarcina particulelor fiind minimă, și stratul de apă înconjurător este mai redus.

Schimbarea stării sistemelor coloidale. Forțele de respingere electrostatică ce se exercită între sarcinile de același fel ale particulelor coloidale, precum și învelișul de apă legată, numită și *apă de hidratație*, din jurul particulelor coloizilor hidrofilii, asigură o anumită stabilitate a sistemului coloidal; particulele disperse rămân în suspensie. Această stabilitate poate fi însă ruptă prin acțiunea diferiților factori fizici (creșterea tempera-

Fig. 33. Modificarea legăturilor lanțurilor polipeptidice într-un gel (a) și formarea de zone cu structură cristalină (b) (după Frey-Wyssling, din Nougarede).



turii) sau chimici (adaus de electroliți sau de alți coloizi cu sarcini de semn contrar, schimbarea de pH etc.). Particulele fazei disperse în aceste cazuri se pot apropia și lega (gelificare), se pot reuni în fulgi (floculație), pot constitui coacervate sau se pot prinde într-o masă compactă (coagularea).

Gelificarea se poate explica admitând că lanțurile polipeptidice din protoplasmă se pot uni unele cu altele, fie prin punți de hidrogen, fie prin forțe Van der Waals, în diferite puncte, formînd un gel rigid. Într-un gel plasmatic, particulele pot fi dispuse la întîmplare, ceea ce determină izotropia lui (fig. 33,a) sau se pot reorienta paralel unele cu altele după un model definit, creînd regiuni cu structuri cristaline (fig. 33,b) și cu stare aproape solidă.

Transformarea solului plasmatic în gel este reversibilă și se numește *tiotropie*¹. Ea se petrece în mod curent în protoplasma vie, dar poate fi și provocată artificial cu ajutorul anestezicilor eter, cloroform etc.

Flocularea este fenomenul aglomerării particulelor disperse dintr-un coloid în fulgi mai mari sau mai mici, care se separă de faza de dispersie și pot fi văzuți cu microscopul fotonic sau chiar cu ochiul liber. Flocularea poate fi provocată prin adaus de electroliți, de coloizi cu sarcini contrare, sau prin agenți fizici diverși: căldură, frig, sau chimici (alcool). Și flocularea poate fi un fenomen reversibil.

Coacervarea înseamnă fuziunea particulelor unui coloid într-o masă ce nu se separă de mediul de dispersie, masă numită *coacervat*². Fenomenul

¹ De la grec. *thixis* = atingere și *trope* = schimbare.

² De la latin. *co* = împreună și *acervus* = grămadă.

se bazează pe o reducere a apei de hidratație, care la început învelește ca o manta groasă fiecare particulă (fig. 34, *a*), apoi stratul de hidratație se micșorează și devine mai puțin difuz (fig. 34, *b*), fapt ce accentuează diferența între apa legată și cea liberă. În cele din urmă (fig. 34, *c*) diversele particule se reunesc sub un înveliș lichid comun, dar rămân fiecare separate între ele, în lichidul de dispersie inițial. În protoplasmă se for-

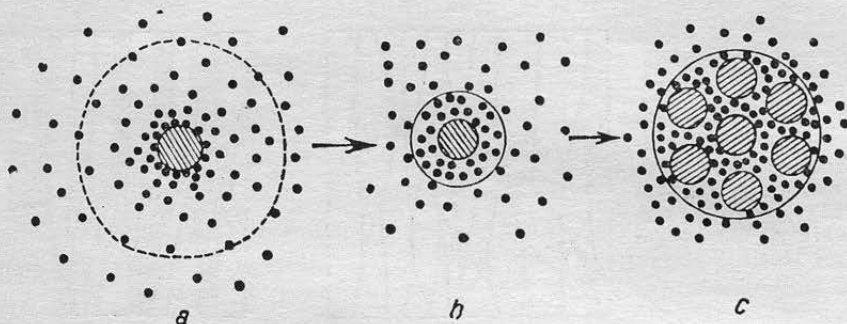


Fig. 34. Formarea unui coacervat (după Frey-Wyssling, din Nougarede).

mează coacervate complexe diverse între doi coloizi hidrofili de semn contrar. Coacervatele sînt stări intermediare între soluri și geluri și se pot transforma reversibil într-una sau alta din aceste stări.

Coagularea este fenomenul formării unei mase solide și elastice care se separă de faza de dispersie și se depune sub formă de coagul, înglobînd toate particulele fazei disperse. Coagularea coloizilor se poate provoca prin acțiunea prelungită a căldurii sau a substanțelor toxice asupra lor. Protoplasma coagulează sub acțiunea căldurii, a acidului acetic sau a altor acizi minerali diluați.

✱ *Caracteristicile sistemului coloidal protoplasmatic.* După ce am cunoscut cîteva din caracteristicile generale ale sistemelor coloidale, putem aprecia în cunoștință de cauză sistemul coloidal al protoplasmei.

✱ a) Coloidul protoplasmatic are ca mediu de dispersie apa, iar faza dispersă, prin mărimea particulelor sale, apropie protoplasma mai mult de soluțiile adevărate decît de sistemele de dispersie grosieră.

✱ b) Faza dispersă în cazul coloidului protoplasmatic este reprezentată prin macromolecule sau agregate de macromolecule numite *micele*, aparținînd în primul rînd proteidelor dar și lipoproteidelor, acizilor nucleici, lipidelor complexe și diverselor polizaharide alături de care se găsesc substanțe solubile cu molecule mici (glucoză, aminoacizi, ioni de K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} etc.). Protoplasma are deci ca fază dispersă o mare diversitate de compuși chimici; ea este un sistem coloidal *polifazic complex*.

✱ c) Sistemul coloidal protoplasmatic este vîscos, rigid, nemiscibil cu apa, deși majoritatea componentilor săi sînt hidrofili.

d) Faptul că sistemul coloidal protoplasmatic reprezintă un *sol* sau un *gel* a suscitat discuții printre biologi, dat fiind faptul că sistemul pre-

zintă, după cum am văzut, atât caractere de lichid cât și de solid. Astăzi se admite că în protoplasmă coexistă cele două aspecte: hialoplasma și tonoplastul reprezintă porțiuni *gelice* ale protoplasmei, iar endoplasma partea ei *solică*; numai aceasta din urmă prezintă curenți citoplasmici și mișcări browniene. Și fiziologic, cele două sectoare au roluri diferite: gelul conferă elasticitatea protoplasmei și forma acesteia, pe structura lui se bazează contractilitatea pseudopodelor gimnoplastelor, a flagelilor și cililor, solul este sediul metabolismului celular. De altfel, caracteristică pentru coloidul protoplasmei este tocmai ușurința cu care solul se poate gelifica, iar porțiunile gelice se pot transforma în sol. Astfel de fenomene nu se întâlnesc la coloizii fără viață. De aceea, pentru aceste două aspecte ale citoplasmei vii se preferă numele de *sol plasmatic* și *gel plasmatic*, spre a se distinge de aceleași stări ale coloizilor nevii.

e) Citoplasma este un sistem coloidal cu o organizație proprie și cu o structură proprie, pînă la scara moleculară. Între macromoleculele protoplasmei mai persistă, ici-colo, forțe de coeziune intramoleculare, creînd o rețea în ochiurile căreia se găsesc molecule de apă liberă, mici molecule solubile de alte substanțe și diverși ioni. Aceste forțe intermoleculare se fac și se desfac neconținut; cînd numărul legăturilor crește, protoplasma devine mai vîscoasă, cînd scade, ea devine mai fluidă. Orice cauză care distruge organizarea moleculară a protoplasmei duce la moartea acesteia, prin transformarea ei într-un coloid inert.

Structura fină și complexă a protoplasmei este o „*structură vie*”, în permanentă schimbare și în același timp într-o relativă stabilitate, structură care se autoreînoiește neîncetat și în același timp se autoconservă. Acest caracter contradictoriu al structurii protoplasmei constituie una din caracteristicile vieții. Cît timp celula este vie și structura protoplasmei sale este intactă, în ea se petrec infinite fenomene fizico-chimice, ca: dizolvări, coagulări, coacervări, formări de noi micle, transformări reversibile sol-gel-coacervat, precum și procese biochimice fermentative, toate acestea fiind strict coordonate de către fermenți și alte substanțe active. Distrugînd structura protoplasmei, aceste procese încep să se desfășoare dezordonat, celula moare, viața încetează.

a. Citoplasma fundamentală sau hialoplasma

Citoplasma este substanța fundamentală a protoplasmei, în care stau în suspensie constituenții vii ai acesteia, precum și vacuolele și incluziunile ergastice dintre constituenții nevii.

Dacă îndepărtăm din celulă toți constituenții săi — lucru realizabil prin ultracentrifugarea diferențială — ceea ce rămîne după această operație este citoplasma fundamentală sau hialoplasma¹.

¹ De la grec. *hyalos* = ca sticla; *plasma* = formațiune.

✕ Citoplasma este constituentul esențial al celulei vii, care nu poate lipsi din nici o celulă, fără ca aceasta să-și piardă capacitatea vitală. Toți ceilalți constituenți pot lipsi, celula rămânând totuși vie: nucleul figurat lipsește din celula algelor albastre și multor bacterii, plastidele lipsesc din ciuperci, vacuolele lipsesc din unele celule foarte tinere etc. Lipsa citoplasmei atrage neapărat după sine moartea celulei.

✕ Citoplasma este, de asemenea, singurul constituent viu al celulei care poate intra în atingere nemijlocită cu mediul înconjurător, sau este despărțită de acesta numai prin membrana nevie. ✕ Toți ceilalți constituenți vii ai celulei se află în citoplasmă și sînt înconjurați de aceasta din toate

părțile. ✕ Citoplasma deci constituie mediul comun în care se „scaldă” ceilalți constituenți, așa cum în plasma singelui se scaldă componentii figurați ai acestui țesut lichid. De la această comparație îi vine și numele, care tradus înseamnă „plasma celulară”. ✕ Citoplasma ocupă un volum mare în celulă; în ea se petrec cele mai numeroase și mai rapide schimbări fizice, chimice și biologice. ✕ Citoplasma depășește pe toți ceilalți constituenți vii ai celulei în ceea ce privește facultatea ei de mișcare și participarea ei la toate manifestările vitale ale celulei.

Analizele chimice au pus în evidență în citoplasmă 70% apă și 30% materii organice. Printre aceste materii organice se află multe holoproteide, proteine asociate cu acid ribonucleic (ribonucleoproteide), lipide complexe, zaharuri solubile, aminoacizi și foarte multe enzime, mai ales din cele care degradează glucidele. Alături de substanțele organice se mai găsesc diferite săruri minerale și ioni metalici.

✕ ARN-ul hialoplasmei reprezintă 10–20% din ARN-ul total al celulei, fiind reprezentat prin toate cele 3 forme ale sale: solubil, mesager și ribozomal.

Polipeptide și proteine fibrilare alcătuiesc în sinul hialoplasmei un fel de urzeală, lanțurile laterale fiind asociate prin grupări laterale și formînd împreună un fel de rețea (fig. 35) care circumscrie numeroase ochiuri. Două lanțuri proteice vecine se pot lega în diverse moduri: prin forțe Van

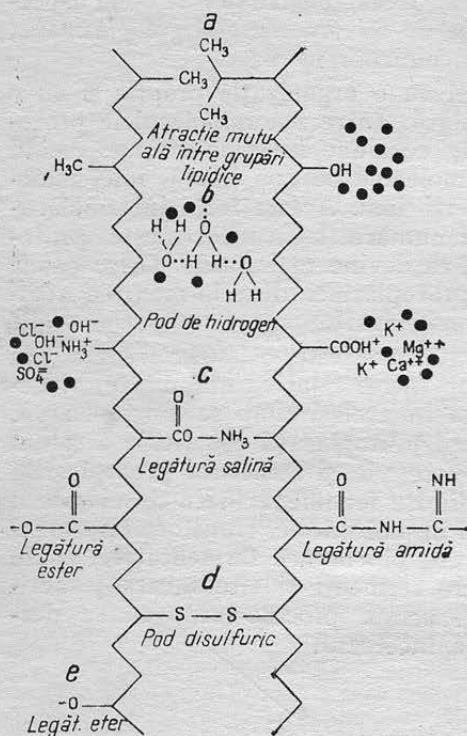


Fig. 35. Schema structurii moleculare a hialoplasmei. Liniile în zig-zag sînt lanțurile proteice; a-e — tipuri diverse de legături. Apa e figurată prin puncte negre (după Nougarede, 1969)

der Waals (*a*), prin punți de hidrogen (*b*), prin legături saline sau esterice (*c*), prin punți disulfurice —S—S— (*d*) sau prin legături eterice (*e*). De asemenea, grupările laterale ale lanțurilor proteice pot reacționa cu substanțele prezente în ochiurile rețelei: apă, ioni minerali, lipide fosforate etc.

✱ Toate tipurile de legături enumerate sînt instabile și se remaniază neîncetat, unele dispar și altele apar, în funcție de condițiile fizico-chimice ale mediului intracelular sau extracelular.

Cu microscopul electronic se poate observa această infrastructură a hialoplasmei. La celulele vegetale adulte, aceasta apare ca o rețea de microfibrile fine și sinuoase, din loc în loc răsucite în mod neregulat. Fibrele au un diametru de 20—30 Å (1 Å = 1/10 000 de μ , adică 1/10 000 000 mm) și poartă din loc în loc grupări de ribozomi numite *poliribozomi*. La celulele foarte bătrîne aceștia lipsesc și rețeaua fundamentală de microfibrile se vede foarte bine, în timp ce la celulele foarte tinere (meristematice), abundența poliribozomilor maschează rețeaua fibrilară.

✱ În zona periferică a celulei vegetale, sub membrana scheletică, hialoplasma produce niște evaginații submicroscopice numite *microtubuli*.

Proprietățile fizico-chimice ale citoplasmei sînt aproape aceleași ca ale protoplasmei, pe care le cunoaștem.

✱ Într-adevăr, citoplasma reprezintă un sistem coloidal hidrofîl, vîscos, rigid sau elastic, nemiscibil cu apa, optic vid la ultramicroscop.

Vîscozitatea citoplasmei variază cu vîrsta și cu starea fiziologică a celulei, precum și cu variațiile unor serii de factori externi sau interni: temperatură, lumină, pH, agenți oxidoreducători etc.

✱ Elasticitatea citoplasmei — care se poate dovedi întinzînd între două micropensete o picătură de citoplasmă — depinde de natura legăturilor care se stabilesc sau se desfac între lanțurile de macromolecule.

Proprietățile fiziologice ale citoplasmei. Se numesc *fiziologice* acele însușiri ale citoplasmei care sînt legate de starea vie a acesteia și care dispar deodată cu moartea ei. Ele vor fi studiate la fiziologie, aici mărginindu-ne să analizăm pe scurt doar trei dintre ele, și anume: *semipermeabilitatea*, *excitabilitatea* și *mișcarea*.

✱ a) *Semipermeabilitatea* este însușirea citoplasmei vii, și în special a membranelor plasmactice, de a nu se lăsa traversate decît de apă, nu și de substanțele dizolvate în ea. Această semipermeabilitate a citoplasmei însă nu este *absolută*; ea permite totuși — în anumite condiții — intrarea sau ieșirea din celulă a anumitor molecule sau ioni. Semipermeabilitatea citoplasmei este deci *relativă*. Ea mai este și *selectivă*, putînd opera o „alegere” a materiilor de care se lasă traversată; de asemenea, semipermeabilitatea citoplasmei este *reglabilă*, putînd fi mai severă sau mai puțin severă, după necesitățile fiziologice ale celulei.

b) *Excitabilitatea* citoplasmei vii este însușirea acesteia de a „percepe” și a „reacționa” sau răspunde la excitanții din mediu, printr-o intensificare sau încetinire a activităților ei fiziologice. Dovada sensibilității citoplasmei ne-o oferă posibilitatea pe care o avem de a accelera, încetini sau opri mișcările acesteia, cu ajutorul a o mulțime de substanțe chimice sau alți factori

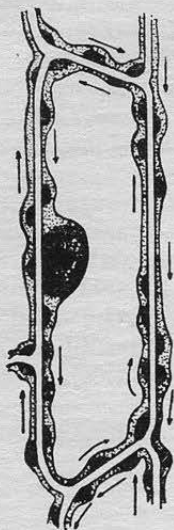


Fig. 36. Mișcările proto-plasmatică de rotație în frunzele de *Vallisneria spiralis* (după Grințescu).



Fig. 37. Mișcări proto-plasmatică de circulație în celulele perilor staminali de *Tradescantia* (după Mascré).

fizici, chimici, mecanici etc. Ritmul acestor mișcări ar fi imposibil de modificat, dacă citoplasma vie n-ar fi excitabilă.

c) *Mișcarea* este, de asemenea, o însușire a citoplasmei vii. Celulele lipsite de membrană celulozică pot executa chiar mișcări de locomoție, deplasându-se în apă prin pseudopode, cili sau flageli. Astfel de mișcări prezintă bacteriile ciliate, flagelatele, zoosporii algelor, spermatozoizii de mușchi, ferigi etc., plasmodiile de mixomicete.

Dermatoplastele „încorsetate” în membrane celulozice rigide nu pot executa astfel de mișcări. În schimb, în interiorul celei, citoplasma acestora prezintă *mișcări intracelulare* sau *curenți citoplasmatici*. Aceste mișcări intracelulare apar la microscop sub două aspecte: atunci când celula are o singură vacuolă mare, centrală și stratul de citoplasmă captează doar membrana, se observă cum cloroplastele, nucleul și citoplasma care le conține se învârtesc de jur împrejurul pereților celei. Acest tip de mișcare poate fi observat în frunzele de *Vallisneria* și se numește *mișcare de rotație* (fig. 36). Este de observat că stratul de citoplasmă lipit de membrană nu se mișcă. Când vacuola centrală a celulelor este străbătută de numeroase cordoane de citoplasmă, cum este cazul la celulele perilor staminali de *Tradescantia* (fig. 37), citoplasma se mișcă atît în jurul pereților cît și de-a lungul acestor cordoane. Acest tip de mișcare se numește *mișcare de circulație*. Viteza acestor mișcări nu este prea mare: 1–2 mm/s.

Membranele plasmatică. Structura și proprietățile citoplasmei nu sînt identice în toată masa ei. Deja Pfeffer a observat (1877) că la suprafața protoplastului, la contactul cu mediul exterior în cazul gimnoplastelor sau imediat sub membrana celulozică la dermatoplaste, citoplasma prezintă o peliculă foarte fină, numită *peliculă ectoplasmică* sau *plasmalema*. De asemenea, în jurul fiecărei vacuole, la contactul cu suc celular, citoplasma își formează cîte o peliculă, pe care De Vries (1885) a numit-o *tonoplast*. Plasmalema și tonoplastul (sau tonoplastii, dacă sînt mai multe vacuole) constituie *membranele plasmatică*, iar porțiunea de citoplasmă cuprinsă între ele se numește *mezoplasmă*.

Existența membranelor plasmatică poate fi dovedită în mod direct sau indirect. Direct, printr-o

experiență de microinjecție: punînd o celulă vegetală într-un colorant se observă că acesta nu pătrunde în celulă, ceva se opune la aceasta, și deci citoplasma rămîne incoloră. Acel ceva nu poate fi membrana celulozică, deoarece aceasta este permeabilă și nu se opune acestui fenomen. Întepînd celula cu o microsiringă, cu ajutorul micromanipulatorului, colorantul pătrunde imediat în citoplasmă și o colorează. Prin întepare am spart acel „ceva” care se opunea pătrunderii colorantului, și acela este plasmalema. Mai recent, H ö f l e r a putut observa direct la microscop această membrană în celulele unor alge verzi, *Desmidiaceae* (1952), iar S t r u g e r a observat-o la microscopul fluorescent (1942) la celule plasmolizate cu portocaliu de acridină.

Indirect, existența ambelor membrane se poate pune în evidență prin *plasmoliză*¹, adică prin dezlipirea protoplastului de membrana celulozică, micșorarea volumului său și strîngerea lui în faza finală, în mijlocul celei sub forma unei sfere. Experiența se execută punînd pe o lamă, într-o picătură de soluție KNO_3 (1 mol) o porțiune de epidermă luată de pe fața internă a unei foi dintr-un bulb de ceapă roșie. La început se observă că protoplastul stă strîns lipit de membrana celulozică. Foarte curînd însă, din cauză că soluția de azotat este mai concentrată decît sucul celular din vacuolă, aceasta sughe apa din celulă și, ca urmare, vacuola își micșorează volumul. Protoplastul, care se reazemă pe ea, începe a se deslipi de mem-

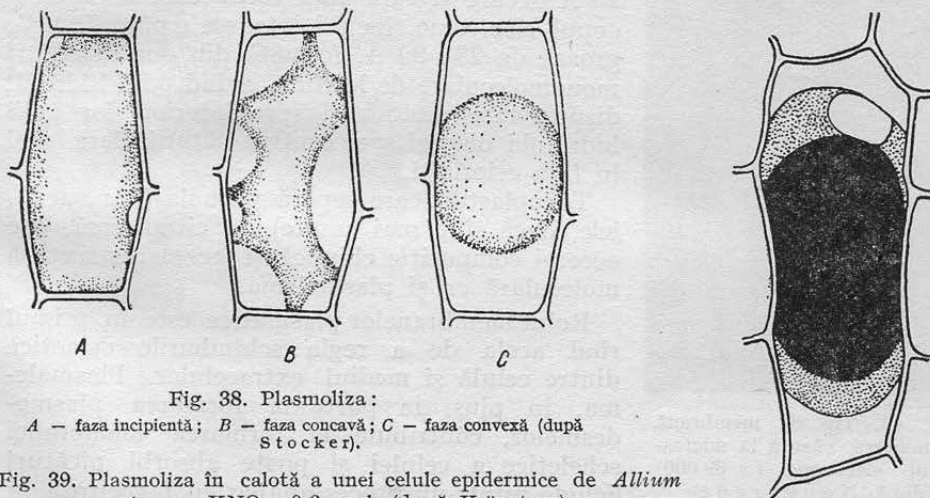


Fig. 38. Plasmoliza :

A — faza incipientă; B — faza concavă; C — faza convexă (după Stocker).

Fig. 39. Plasmoliza în calotă a unei celule epidermice de *Allium cepa*, cu KNO_3 , 0,6 mol. (după Küster).

brană la colțuri (faza *incipientă* a plasmolizei), apoi și pe laturi (faza *concavă*) și, în final, întregul protoplast ia aspectul unei sfere situate în mijlocul luminii celulei (faza *finală* sau *convexă*) (fig. 38). Fenomenul se datorește semipermeabilității plasmalemei. După vreo oră de stat în plasmolitic (soluția

¹ De la grec. *lysis* = topire, dizolvare.

de KNO_3) citoplasma celulei plasmolizate se umflă la cele două capete și dobîndește forma celor două calote, fără ca vacuola să-și mărească volumul. Fenomenul acesta poartă numele de *plasmoliză în calotă* (fig. 39) și el se explică prin aceea că plasmoliticul, care acum a înfrînt obstacolul opus de plasmalema și a pătruns în citoplasmă, mai întâlnește o rezistență sub forma unei a doua membrane semipermeabile, și anume a tonoplastului.

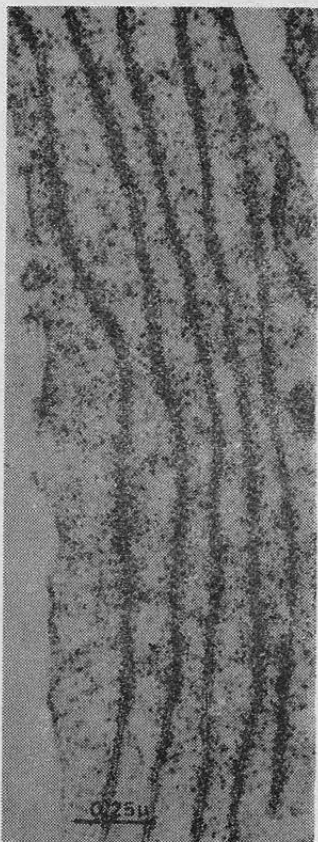


Fig. 40. Tip de membrană elementară văzută la microscopul electronic ($\times 69\,000$) (după Nougarede)

Este foarte greu de a izola plasmalema de restul citoplasmei pentru a-i face analiza chimică. Singurele date directe asupra compoziției chimice a acesteia provin de la hematiile puse într-un mediu hipotonic. Acestea se umflă, „explodează”, conținutul lor citoplasmic se dizolvă în mediu, și deasupra acestuia rămîn învelișuri formate din plasmalema.

Analiza chimică a acestor învelișuri de plasmalema a arătat că ele sînt formate din 2/3 lipide (în special steroli și lecitine) și 1/3 proteine.

Infrastructura moleculară a plasmalemei este aceea a unei membrane plasmatice elementare (fig. 40): două pături proteice de aproximativ 25 Å fiecare și care apar întunecate la microscopul electronic, închid între ele o pătură clară, groasă de 25–30 Å, formată din două straturi monomoleculare de lecitină, avînd polii hidrofilii dispuși spre exterior și spre interior, iar polii hidrofobi dispuși spre centrul păturii clare, unii în fața celorlalți.

Tonoplastul, care separă vacuola (sau vacuolele, dacă sînt mai multe) de citoplasmă, are aceeași compoziție chimică și aceeași structură moleculară ca și plasmalema.

Rolul membranelor plasmatice este în primul rînd acela de a regla schimburile osmotice dintre celulă și mediul extracelular. Plasmalema, în plus, ia parte la formarea plasmodesmelor, contribuie la formarea membranei scheletice a celulei și poate absorbi picături lichide printr-un proces analog cu fagocitoza, și care poartă numele de *pinocitoză*¹. Microscopul electronic arată că plasmalema multor celule vegetale prezintă din loc în loc invaginații profunde, care-i măresc suprafața și care, după cum s-a dovedit prin experiențe recente, pot absorbi soluții proteice avînd moleculele marcate cu C^{14} radioactiv sau cu tritiu, H^3 , molecule care, la un

¹ De la grec. *pinein* = a bea.

examen histoautoradigrafic, se dovedesc că nu ajung în vacuolă, dovadă că n-au fost absorbite prin osmoză.

✱ **Continuitatea citoplasmei la plante.** Membranele celulozice subțiri sau îngroșate, nu izolează complet celulele pe care le despart; ele conțin porțiuni neîngroșate numite *punctuațiuni*, sau *canalicule* mai lungi, adesea ramificate, existente în pereții intercelulari. Aceste punctuațiuni și canalicule sînt așezate exact față în față în grosimea peretelui despărțitor dintre două celule, și în ele se află fire extrem de fine de citoplasmă, mărginite de *plasmalemă* și avînd în centru porțiuni de *reticul endoplasmatic*, care leagă conținutul viu al celulelor învecinate, făcînd din întregul organism pluricelular o singură unitate plasmatică. Aceste legături plasmatic fine dintre celule poartă numele de *plasmodesme*¹ (fig. 41). Descoperite prima dată de algologii *Thuret* și *Bornet*, pe la 1880, în celulele unor alge, plasmodesmele au fost găsite curînd și în celulele plantelor superioare, în endospermul semințelor de *Strychnos nux vomica* (fig. 42), în scoarța de vîsc etc. Astăzi, existența plasmodesmelor în toate celulele și țesuturile plantelor nu mai este pusă la îndoială de citologi. Subțiri de numai $0,2\mu$,

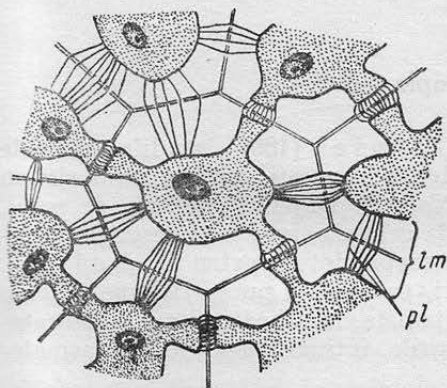


Fig. 41. Plasmodesme în pereții celulelor endospermului de curmal:

lm — lamelă mijlocie; pl — plasmodesme (după Strasburger)

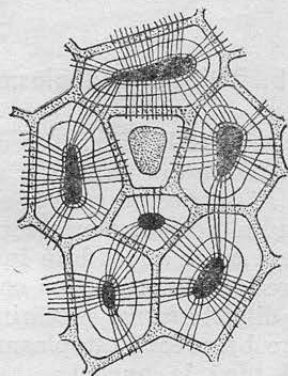


Fig. 42. Plasmodesme din endospermul semințelor de *Strychnos nux vomica* (după Grințescu.)

plasmodesmele sînt foarte numeroase, de la 10 000 la 20 000 într-o celulă din rădăcina de ceapă. În general, o celulă matură din parenchimul cortical de vîsc, cu o suprafață de aproximativ $10\,000\mu^2$, posedă între 6 000 și 24 000 plasmodesme (*Buvat*, 1960). Cele mai mari plasmodesme se găsesc la algele roșii și în tuburile ciuruite ale plantelor superioare. Ele pot apărea nu numai între celulele aceluiași țesut, ci și între celule apar-

¹ De la grec. *plasma* = formațiune, substanță și *desma* = legătură.

ținând la țesuturi diferite, ba chiar și între planta gazdă și parazit, între altoi și portaltoi.

Multă vreme s-au purtat discuții dacă plasmodesmele trec dintr-o celulă într-alta sau numai se ating (contiguitate), dacă la formarea lor iau parte numai plasmalemele celulelor învecinate sau întreaga citoplasmă etc. Microscopul electronic a atestat natura citoplasmatică a acestora, iar *continuitatea* lor neîntreruptă din celulă în celulă poate fi văzută, așa încît teoria contiguității lor trebuie părăsită.

✕ Rolul fiziologic al plasmodesmelor se presupune a fi acela de a conduce excitațiile și de a transporta substanțele organice, realizînd astfel unitatea funcțională a organismului vegetal pluricelular. Nici o probă experimentală directă n-a putut fi adusă pînă acum în sprijinul acestor păreri.

Pe lîngă membranele plasmatic pe care le-am analizat, microscopul electronic a mai evidențiat existența în cadrul citoplasmei și a altor structuri fine, unele sub formă de membrane, cum sînt *reticulul endoplasmatic* și *aparatură Golgi*, altele sub formă sferică, așa cum sînt *ribozomii*. Citologii contemporani atribuie acestora rangul de organite celulare, iar noi ne alăturăm părerii acestora.

b. Reticulul endoplasmatic sau ergastoplasma

Deja de la sfîrșitul secolului trecut, Garnier (1897), studiind celulele endocrine din pancreas, a remarcat existența în aceste celule a unui sistem de filamente pe care le-a numit *ergastoplasma*¹. După o jumătate de secol, studiul acestor formațiuni a fost reluat la celula animală. O descriere completă a lor a fost dată în 1956 de către compatriotul nostru G. Palade, care le-a definit ca un complex de tuburi, vezicule și pungi tridimensionale de diferite forme și mărimi, toate foarte turtite, ramificate și anastomozate, care brăzdează citoplasma în toate sensurile, întinzîndu-se de la plasmalema pînă la nucleu.

După anul 1957, reticulul endoplasmatic a fost descoperit cu microscopul electronic și în celulele plantelor, la alge, ciuperci, mușchi și la toate plantele superioare. Numai bacteriile și algele albastre sînt lipsite de acest organit.

✕ În celulele vegetale, pe lîngă porțiunile tubulare turtite care brăzdează citoplasma în toate direcțiile, fiind însă mai dense în apropierea membranei, cu care merg paralel, reticulul endoplasmatic prezintă și dilatații de asemenea turtite, cum sînt cele care formează vacuolele sau membrana nucleară (fig. 43), toate comunicînd între ele.

Membrana reticulului endoplasmatic, care-l separă de hialoplasmă, este un tip de membrană plasmatică elementară.

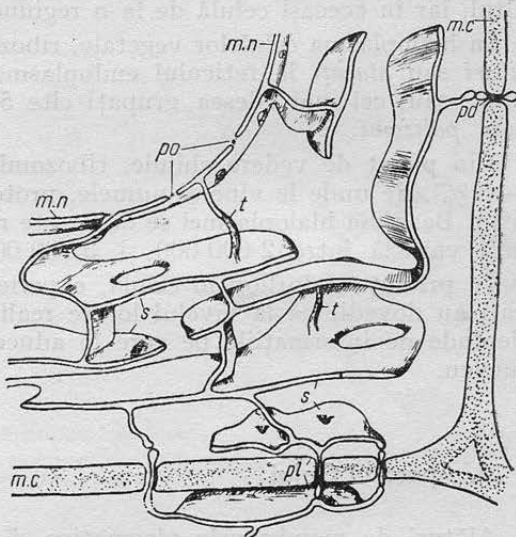
De la grec. *ergon* = activitate, travaliu.

Conținutul reticulului endoplasmatic este în general amorf la microscopul electronic, cu o densitate mai mică decât a hialoplasmei, putînd conține și diferite incluziuni.

✱ Anumite porțiuni din reticulul endoplasmatic tubular poartă pe fața lor externă, dinspre hialoplasmă, o mulțime de *corpusculi Palade* sau *ribozomi*, în timp ce alte porțiuni tubulare sînt lipsite de ribozomi. Porțiunile

Fig. 43. Reticulul endoplasmatic și raporturile sale cu membrana nucleară (*mn*) și cu plasmodesmele (*pd*):

pl — plasmalema; *po* — porii membranei nucleare; *s* — sacule; *t* — tuburi ale reticulului endoplasmatic; *m.c* — membrana celulară (după Buvat, 1969).



cu corpusculi au fost numite de *Palade* „suprafețe granulare sau aspre” („rough surfaced”), iar cele fără granulații, „suprafețe netede” („smooth surfaced”). Mulți citologi înțeleg prin ergastoplasmă numai porțiunile aspre, granulare, iar prin reticul endoplasmatic întregul sistem; alții consideră termenul de ergastoplasmă sinonim cu cel de reticul endoplasmatic.

✱ Mai puțin dezvoltat în celulele foarte tinere (meristematice) reticulul endoplasmatic ia amploare paralel cu diferențierea celulară, cînd anumite porțiuni ale lui se căptușesc la exterior cu ribozomi. Odată cu îmbătrînirea celulei, reticulul se transformă în pungi largi și turtite, care-și pierd ribozomii de la exterior.

Funcțiile fiziologice ale reticulului endoplasmatic, fără îndoială numeroase, sînt încă puțin cunoscute.

✱ Se știe că reticulul endoplasmatic constituie membrana nucleară și tonoplastul și că el ia parte la formarea plasmodesmelor. Pare a juca și rolul unui aparat circulator intracelular și a unui aparat conducător intracelular, capabil de a dirija schimburile de substanțe din celulă. La celulele vegetale, el asigură transportul de substanțe și enzime necesare elaborării membranei celulozice.

c. Ribozomii sau granulele lui Palade

× Sînt niște particule sferice extrem de mici, avînd diametrul cuprins între 100 Å și 150 Å, prezenți în toate celulele vii, animale și vegetale.

× Dispoziția intracelulară a ribozomilor variază de la un tip de celulă la altul, iar în aceeași celulă de la o regiune la alta.

× În hialoplasma celulelor vegetale, ribozomii se pot găsi sub două forme: *liberi* sau *atașați* la reticulul endoplasmatic. Cei liberi pot fi *izolați*, cîte unul, sau, cel mai adesea, grupați cîte 5 pînă la 40, formînd *poliribozomi* sau *polizomi*.

Din punct de vedere chimic, ribozomii sînt constituiți din ARN (37—40%), de unde le vine și numele, proteine (40—60%) și fosfolipide (4—5%). Bazofilia hialoplasmei se datorește ribozomilor. Greutatea lor moleculară variază între 2 600 000 și 3 700 000.

În privința rolurilor în celulă, experiențe efectuate cu aminoacizi marcați au dovedit că la nivelul lor se realizează proteosinteza. Acest proces depinde de informațiile pe care le aduce la ei ARN-mesager venit de la nucleu.

d. Aparatul Golgi

Alături de membranele plasmatice și de reticulul endoplasmatic, citoplasma mai conține un sistem de membrane care constituie *aparaturul lui Golgi*, numit astfel în cinstea marelui histolog italian Golgi, care le-a descoperit în celulele nervoase ale animalelor prin metoda impregnării cu argint (1898). Curînd după descoperirea lui, înlocuind impregnarea cu argint prin cea cu osmiu, o seamă de cercetători au descoperit „aparaturul reticular intern” — așa cum fusese numit de către Golgi în foarte multe și variate celule animale —, ajungîndu-se să fie considerat drept organit permanent al celulei animale.

Existența aparatului Golgi în celula vegetală a fost foarte multă vreme pusă la îndoială. Prin anul 1935, marele citolog francez A. Guilliermond și școala sa, considera „figurile negre” apărute în celula vegetală, ca urmare a tehnicii impregnării cu Ag sau Os, drept condriozomi, vacuole sau alte organite, alterate prin fixare și colorare, sau chiar artefacte.

Numai după aplicarea microscopiei electronice la studiul celulei vegetale, Buvat și Porter, în 1957, descoperă aparatul lui Golgi în celulele meristemului din rădăcina de ceapă. După ei, alți cercetători le-au găsit în celulele multor alge verzi, mușchi, gimnosperme și angiosperme, ba chiar și-n unele specii de ciuperci, putîndu-se astfel stabili existența aparatului Golgi în toate celulele plantelor, cu excepția bacteriilor și algelor albastre (cărora le lipsește și nucleul și reticulul endoplasmatic). S-a dovedit

astăzi și identitatea dintre aparatul lui Golgi din celula animală și cel din celulele plantelor.

✱ Aparatul Golgi este alcătuit din totalitatea unor formațiuni membranoase numite *dictiozomi*¹.

Un dictiozom este alcătuit din grămezi de vezicule turtite, așezate unele peste altele, în număr de 3 pînă la 8 la plantele superioare, ajungînd pînă la 20 la algele verzi, vezicule plane sau ușor convexe (fig. 44), mai umflate

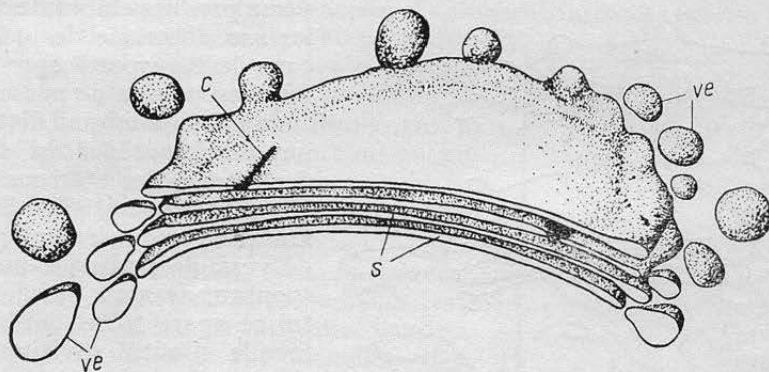


Fig. 44. Schema unui dictiozom :

s — pungi turtite; ve — vezicule periferice produse de marginile pungilor și eliberate în citoplasmă;
c — constricția unei pungi (după B u v a t, 1969).

la extremități, de unde se pot desprinde alte vezicule mici, ovale, ce se mișcă liber prin hialoplasmă, putînd atinge plasmalema și vărsîndu-și conținutul la exteriorul acesteia, în spațiul dintre ea și membrana celulozică.

✱ În secțiune transversală, veziculele dictiozomului apar ca niște membrane paralele, lungi de 1μ și groase de $220-240 \text{ \AA}$ în regiunea mediană. Aceste discuri goale au în interior un spațiu larg de $60-100 \text{ \AA}$. Pereții lor sînt formați din membrane elementare, ceva mai groase decît cele ale reticulului endoplasmatic, avînd $80-90 \text{ \AA}$ diametru, dar fiind constituite în același mod. Două straturi de molecule bipolare de lecitină cu polii hidrofobi față în față, acoperite pe cele două fețe de cite un strat de proteine hidratate. Foița exterioară nu poartă nici o dată ribozomi.

✱ În celulele vegetale, dictiozomii sînt uniform răspîndiți în citoplasmă. Aspectul lor se schimbă foarte puțin în decursul diferențierii celulare.

✱ Izolați din celulă prin tehnica omogenizării și centrifugării diferențiale și supuși analizelor, dictiozomii s-au dovedit a fi alcătuiți din proteine și fosfolipide în proporții aproape egale. Ei sînt foarte săraci în enzime, spre deosebire de reticulul endoplasmatic. Cît despre conținutul veziculelor golgiene, el pare a fi variabil după specificitatea celulelor. La plante, acest conținut

¹De la grec. *dictyon* = rețea.

cuprinde pe lângă protide și multe polizaharide, alături de care se mai află gume și rășini.

Ca rol, dictiozomii pot acumula în veziculele lor și pot concentra diverse substanțe (granule de secreție) care, prin detașarea veziculelor periferice, se răspîndesc în citoplasmă sau se varsă la exterior. La plante, conținutul acestor vezicule poate fi utilizat la formarea noilor membrane celulare între două celule-fiice născute prin diviziune. Lipsa enzimelor din dictiozomi, de asemenea, sugerează ideea că aceste organite colectează numai di-

verse produse elaborate în afara lor sau absorbite de celulă, pe care le transportă spre locurile de excreție sau de acumulare.

În privința originii dictiozomilor, problema încă își așteaptă dezlegarea. Cercetări recente ale lui Buvat (1963—1965) au arătat că mici elemente, lipsite de vezicule periferice pot apare spontan, *de novo*, în fragmoplastul ce apare între două celule-fiice la sfîrșitul diviziunii. Alte observații arată, din contră, că dictiozomii noi se nasc din alții mai vechi, pe două căi: *a*) veziculele ce se detașează la marginile dictiozomilor se turtesc, se grupează și formează noi dictiozomi (fig. 45, *a*), care, după atingerea dimensiunilor normale, vor forma și ei vezicule periferice; *b*) un dictiozom matur se poate strângula la mijloc (fig. 45, *b*), dînd două jumătăți ce vor deveni fiecare cîte un nou dictiozom.

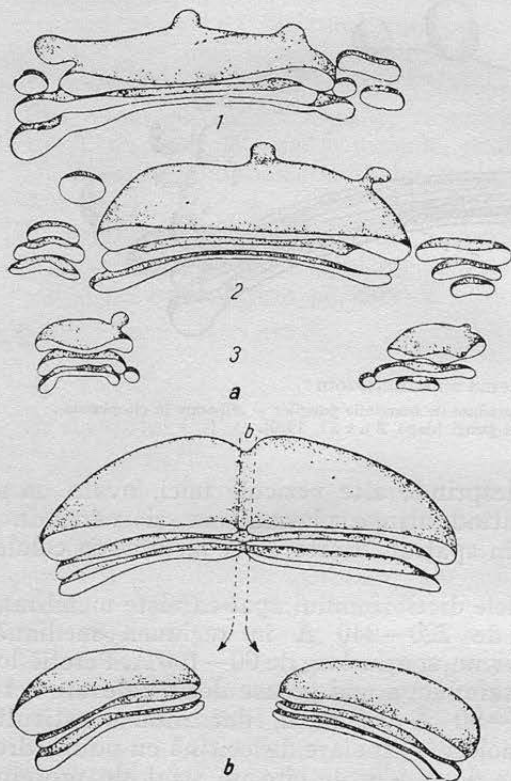


Fig. 45. Schemă arătînd nașterea dictiozomilor noi din alții vechi:

a: 1, 2, 3 — din vezicule periferice; *b*: prin strangulare mediană (după Nougarede, 1969).

bastre — conțin în citoplasma lor mici corpuscule de diferite forme, mai refringente decît citoplasma în care sînt înglobate, corpuscule numite *condriozomi*¹, a căror totalitate constituie *condriomul celular* (P. A. Dangeard, 1918).

e. Condriomul celular

Cellulele tuturor plantelor superioare și inferioare — cu excepția bacteriilor și algelor al-

¹ De la grec. *chondrion* = simbur mic și *soma* = corp.

Descrise pentru întâia dată în celule animale de către Altmann (1894), sub numele de *bioblaste*, aceleași organite, văzute tot în celule animale, au fost denumite de către Benda (1897) *mitochondrii*, iar Mèves, care le-a pus în evidență pentru prima dată în celula vegetală, le-a numit *plastozeni*. Mangenot și Embarger (1920) au stabilit identitatea dintre condriozomii din celula animală și cei de la plante. Între timp, aceste organite au purtat peste 50 de numiri diferite.

Formele de condriozomi, extrem de variabile la diferitele celule și care se pot schimba chiar în interiorul aceleiași celule sub influența multor factori, se pot grupa, în general, în trei categorii: forme de *grăuncioare* sferice sau ovale, izolate, când se numesc *mitochondrii*¹, forme de *basto-nașe* drepte, curbate sau vermiforme, rar în formă de pișcot sau bifurcate, când se numesc *condrioconte*² (fig. 46) și, în fine forme de *lanțuri* de *grăuncioare*, când se numesc *condriomite*.

Mărimea condriozomilor este, în general, foarte redusă: diametrul mitocondriilor este cuprins între 0,5 și 1 μ , iar lungimea condriocontelor este de 2–4 μ , rar atingând 10 μ .

Foarte fragili, condriozomii se distrug sub acțiunea alcoolului, acidului acetic și a altor fixatori, cu excepția acidului osmic, care-i fixează fără să-i distrugă. De asemenea, agenți fizici diferiți, ca: presiuni mecanice, schimbări osmotice sau variații brusce de temperatură, precum și schimbările mari de pH distrug condriozomii. La o creștere treptată de temperatură însă, aceștia rezistă pînă la 50–60 °C.

Repartizarea condriozomilor în celulă nu este uniformă; cei mai mulți dintre ei se află în jurul nucleului, iar în celulele secretoare și, în general, în celulele cu o activitate foarte intensă, condriozomii se concentrează în regiunea unde se manifestă cea mai mare activitate și cel mai mare consum de energie. În cursul diviziunii celulare, condriozomii, care se divid și ei, se repartizează aproape egal în cele două celule-surori. Este de menționat că diviziunea condriozomilor poate avea loc și pe timpul intercinezei. Condriozomii, deci, nu se formează din nou în celule, ci se nasc din alți condriozomi, prin diviziune. Vechile teorii după care ei ar lua naștere din plastide au fost infirmate de cercetările moderne, și ele nu mai prezintă decît un interes istoric. Din punct de vedere chimic, condriozomii sînt formați mai ales din proteine și lipoizi, primele formînd pînă la 70% din greutatea uscată a celulelor animale, mai ales hepatice. În condriozomii celulelor



Fig. 46. Morfologia condriozomilor:

a – mitocondrii; b – condriomite;
c – condrioconte (după Guilliermond).

¹ De la grec. *mitos* = fir și *chondrion* = simbur mic.

² De la grec. *kontos* = flagel și *chondrion* = simbur mic.

din plantule de mază, Stafford (1951) a găsit 35–40% proteine, 25–38% lipoizi (fosfatide și grăsimi fără fosfor), 1,6% ARN și urme de ADN. Procentele ridicate de proteine și lipoizi din condriozomi se datoresc în primul rând sortimentului foarte bogat de complexe enzimatice al acestora. S-au mai pus în evidență în condriozomi o serie de vitamine (A, C, B₆, B₁₂), inositol, acid pantotenic etc. Peste 92% din greutatea uscată a condriozomilor este formată din proteine, lipoizi, acizi nucleici și substanțele active amintite, așa încât aceștia pot fi considerați din punct de vedere chimic drept *complexe lipoproteice fosforate în care predomină (65–70%) componentul proteic*.

Structura fină, submicroscopică, a condriozomilor a putut fi descifrată numai cu microscopul electronic. S-au studiat condriozomi de lintiță, de tutun, de *Fucus* (algă brună), precum și din multe celule animale. Rezultatele numeroaselor studii efectuate din 1953 și pînă astăzi au arătat că orice condriozom are la exterior o *membrană dublă*, este plin în interior cu o substanță omogenă, fără structură electrono-microscopică numită *matrix*, spațiul interior al condriozomilor fiind incomplet despărțit în compartimente printr-un sistem de *creste lamelare* („cristae mitochondriales”) sau de *tuburi* („tubuli mitochondriales”), în raport cu care se și disting două tipuri de condriozomi: *tipul crista* și *tipul tubulus* (fig. 47). Crestele și tuburile împart

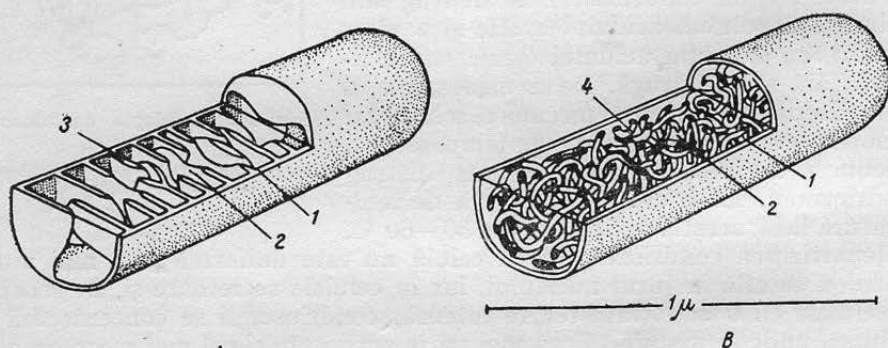


Fig. 47. Structura condriozomilor:

A — mitocondrie de tip crista; B — mitocondrie de tip tubulus: 1 — membrană dublă; 2 — substanță fundamentală; 3 — cristae mitochondriales; 4 — tubuli mitochondriales (după Wohlfarth-Bottermann).

interiorul condriozomilor în nenumărate compartimente și-i măresc suprafața considerabil, oferind spațiu suficient pentru multiplele-i sisteme enzimatice.

Grosimea totală a pereților unui condriozom atinge 220–240 Å, din care foița externă care-l separă de hialoplasmă are constituția unei membrane elementare, groasă de 75 Å; foița internă, care produce crestele și tuburile, de asemenea constituie o membrană lipoproteică elementară, de aceeași grosime, iar spațiul clar dintre foițe, plin cu o substanță amorfă, are o

Fig. 48. Reprezentarea schematică a dublei membrane mitocondriale (după Nougarede, 1969).

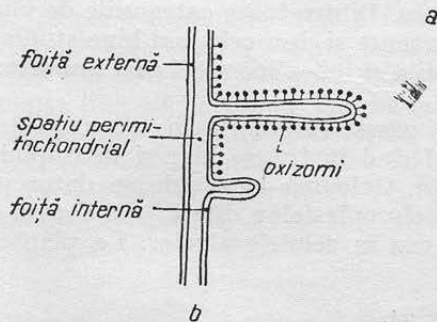
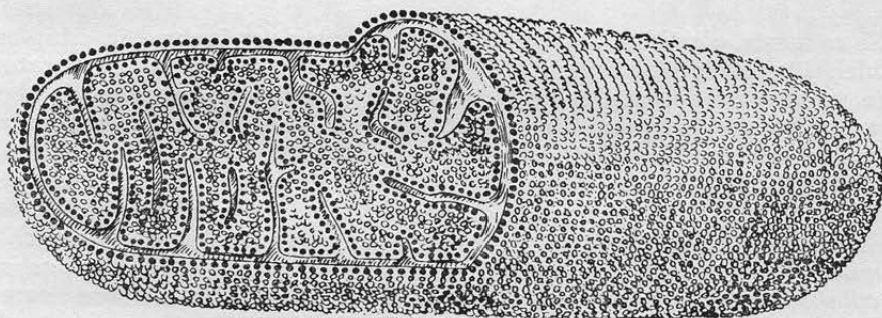
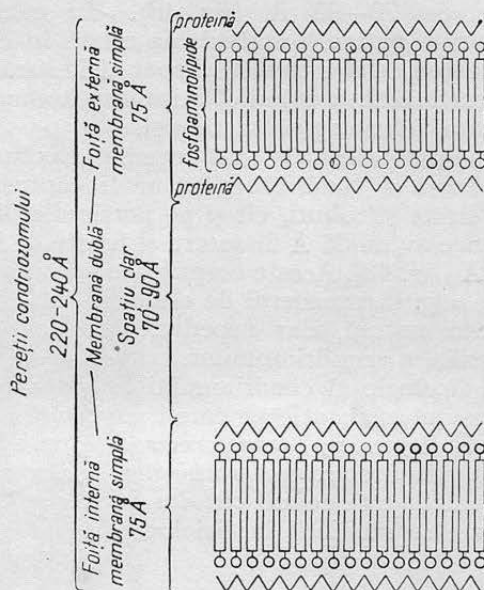


Fig. 49. Schema organizării unui condriozom (a); (după Green); aspectul oxizomilor (b) (după Nougarede, 1969).

grosime de 70—90 Å (fig. 48). În celulele vegetale meristemate, crestele sînt puține, numărul lor crește în cursul diferențierii celulare iar la bătrînețea celulei crestele dispar și în locul lor apar tubușoare în număr mic. Deci mărimea suprafeței interne a condriozomilor este în funcție de activitatea fiziologică a celulei.

După cercetările cele mai recente, efectuate de Green și școala sa, foița internă a condriozomilor ar fi căptușită pe fața dinspre matrix, atît pe creste și tuburi, cît și pe porțiunile dintre ele cu niște mici corpuscule sferice avînd 85 Å diametru și legate de foiță printr-un pedicel lung de 40—50 Å (fig. 49). Aceste corpuscule numite *oxizomi* ar fi suportul enzimelor care asigură transferul de electroni în fosforilarea oxidativă. Particule de aceeași natură, dar nepedunculate, căptușesc foița externă, dinspre citoplasmă, a condriozomilor.

Rolul fiziologic al condriomului în viața celulei este fundamental. Prin echipamentul enzimatic pe care-l cuprinde, condriomul realizează *oxidările* din celule și *stocarea, transformarea și schimburile de energie* ale acestora. El constituie deci *centrul respirator și rezervorul energetic* al celulei vii.

Condriomul este sediul *ciclului lui Krebs și al lanțului respirator*, fenomene care se studiază la fiziologie.

f. Plastidomul celular

Se numește *plastidom celular* totalitatea *plastidelor* incluse în citoplasma celulei. Plastidele sînt organite vii, dotate cu o mare putere elaboratoare, care se găsesc în toate celulele plantelor clorofilene, cu excepția algelor albastre. Plastidele lipsesc din celulele animale, precum și din unele plante saprofite sau parazite (bacterii, ciuperci etc.). După cum sînt colorate sau incolore și după natura substanțelor pe care le produc și acumulează, plastidele se grupează în două mari categorii: *a) plastide colorate și b) plastide incolore*. Grupa plastidelor colorate cuprinde plastide cu rol activ în asimilație: *cloroplaste, feoplaste și rodoplaste*, și plastide fără rol activ în asimilație, așa-numitele *cromoplaste*. Grupa plastidelor incolore, care se mai numesc și *leucoplaste*, cuprinde *amiloplastele, proteoplastele* (sau aleuronoplastele) și *oleoplastele*. O celulă poate conține numai un fel de plastide, sau 2—3 categorii, niciodată însă pe toate. Dintre toate categoriile de plastide, cele mai răspîndite, cele mai importante și deci cele mai bine studiate sînt cloroplastele, care adăpostesc clorofila și îndeplinesc cel mai important fenomen din natură: fotosinteza.

**Cloroplastele*¹ sau *plastidele verzi* se găsesc răspîndite în toate celulele organelor verzi ale plantelor, în primul rînd în frunze, dar și în tulpinile ierboase, ramuri tinere, fructe necoapte. Culoarea lor verde se datorește *clorofilei* pe care ele o conțin. Forma cloroplastelor diferă, după cum se găsesc în celulele plantelor superioare sau în celulele algelor. La plantele

¹ De la grec. *chloros* = verde și *plastos* = format.

superioare, într-o celulă se găsesc numeroase cloroplaste, în medie între 20 și 50, putînd însă trece și de 100. Forma lor este în general sferică, ovală, lenticulară sau discoidală, iar diametrul lor variază între 3 și 10 μ . Asemenea cloroplaste poartă numele de *grăuncioare de clorofilă* (fig. 50).

La *algele verzi*, cloroplastele au dimensiuni mult mai mari, sînt foarte puține, adesea una singură, cel mult 2—3 într-o celulă, au forme foarte

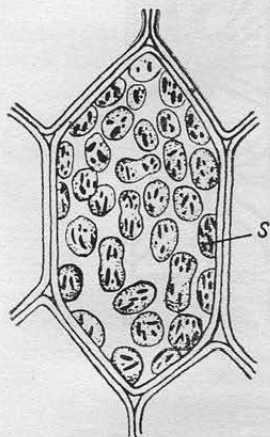


Fig. 50. Celulă din frunza unui mușchi (*Mnium*) cu cloroplaste în diferite stadii de diviziune. Toate plastidele conțin amidon de asimilație (S) (după Strasburger).

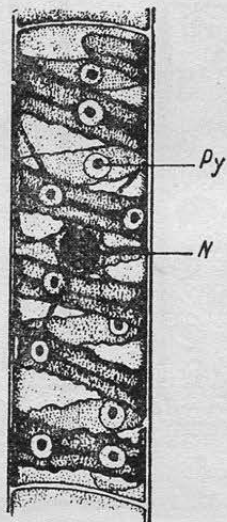


Fig. 51. *Spirogyra quadricolor*. Cromatofor în formă de panglică spirală:

Py — pirenoidi; N — nucleu (după Troll).

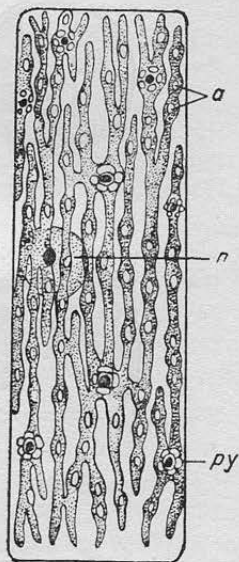


Fig. 52. Cloroplast reticulat din celula de *Oedogonium* (algă verde):

a — amidon; py — pirenoid; n — nucleu (după Guilliermond).

variate și poartă numele de *cromatofori*¹. Forma cromatoforilor este caracteristică pentru anumite alge și servește uneori drept criteriu pentru clasificarea acestora. *Spirogyra* are un singur cromatofor, în formă de panglică spirală (fig. 51), *Oedogonium*, de asemenea, posedă un singur cromatofor reticulat (fig. 52), *Zygnema* are doi cromatofori în formă de stea, *Chlamydomonas* are un cromatofor în formă de clopot, *Chlorella* unul în formă de ceașcă, *Ulothrix* în formă de inel, *Mougeotia* nu cromatofor lamelar (fig. 53) etc. De regulă, în cromatofori se găsesc incluse niște formațiuni numite *pirenoidi* (py din fig. 51 și 52), alcătuite din corpuscule proteice, sferice sau poligonale, înconjurare de grăuncioare mărunte de amidon.

¹ De la grec. *chroma* = culoare și *phoros* = purtător.

La *algele brune*, plastidele sînt mici și lenticulare, ca și grăuncioarele de clorofilă ale plantelor superioare. Clorofila lor este asociată și mascată de un pigment brun numit *fucoxantină*¹; ele se numesc *feoplaste*².

La *algele roșii*, plastidele pot fi una singură sau mai multe într-o celulă, ele pot avea formă lenticulară sau de panglică. Clorofila lor este însoțită

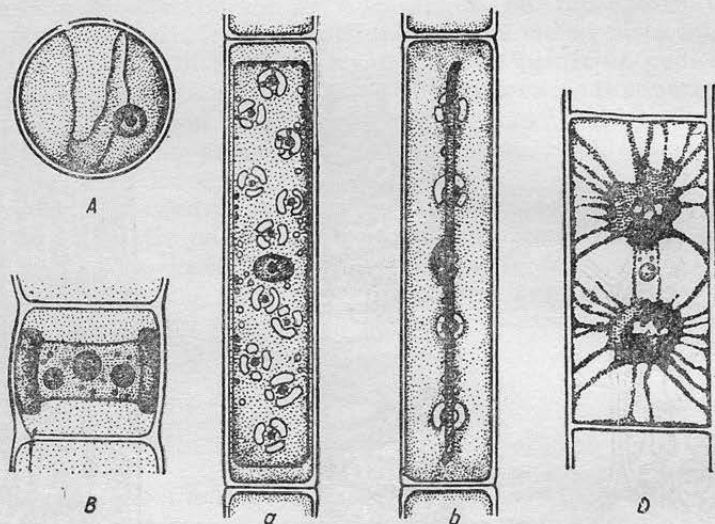


Fig. 53. Forme de cromatofori:

A — *Chlorella vulgaris*; B — *Ulothrix zonata*; C — *Mougeotia scalaris* (a, b — diferite poziții); D — *Zygnema cruciatum* (după Troll).

și mascată de o substanță colorată în roșu, numită *ficoeritrină*³ și de o altă colorată în albastru, numită *ficocianină*⁴. Astfel de plastide colorate în roșu poartă numele de *rodoplaste*⁵.

Structura cloroplastelor, dată fiind importanța lor extraordinară pentru lumea vie, a preocupat pe citologi, începînd cu descoperitorii lor Meyer (1883) și Schimper (1885), încă de la sfîrșitul secolului trecut și pînă în zilele noastre.

Descifrarea ultrastructurii acestor organite, ca de altfel și a celor studiate pînă aci, s-a putut realiza numai cu microscopul electronic. Datele obținute în ultimii cinci ani arată că structura cloroplastelor prezintă variații considerabile de la un grup de plante la altul, de la o specie la alta și chiar în cadrul aceleiași specii, de la un țesut la altul.

¹ De la grec. *phykos* = algă și *xanthos* = galben.

² De la grec. *phaios* = brun și *plastos* = format.

³ De la grec. *phykos* = algă și *erythros* = roșu.

⁴ De la grec. *phykos* = algă și *kianeos* = albastru.

⁵ De la grec. *rhodos* = roșu și *plastos* = format.

În ceea ce privește plantele superioare ale căror cloroplaste vor fi singurele analizate aici din punct de vedere al ultrastructurii, pentru descrierea plastidelor vom alege cloroplastele dintr-o frunză tânără de *Elodea canadensis*, studiate în amănunt de către citologul R. B u v a t începînd cu anul 1963 și pînă astăzi.

O plastidă constă din două părți distincte :

— *corpul plastidei*, numit *stromă*, plin cu o substanță fundamentală, fluidă, cu aspect granular sau fibrilar după fixare, numită *matrix*, străbătută de un sistem de lamele ce pleacă de pe foița internă a membranei duble ce înconjoară plastida și-i determină forma, numite *lamelle stromatice* sau *stromatilacoid*¹;

— o serie de *formațiuni lenticulare* sau discoidale suprapuse ca niște fișicuri cu bani, ansamblul formațiunii îmbrăcînd forma unor grăuncioare verzi. Un astfel de grăuncior se numește *granum*, iar ansamblul lor dintr-o plastidă, *grana*².

Membrana plastidei (fig. 54) este o *dublă membrană*, identică cu cea a condriozomilor (v. fig. 48), avînd două foițe, una externă și alta internă,

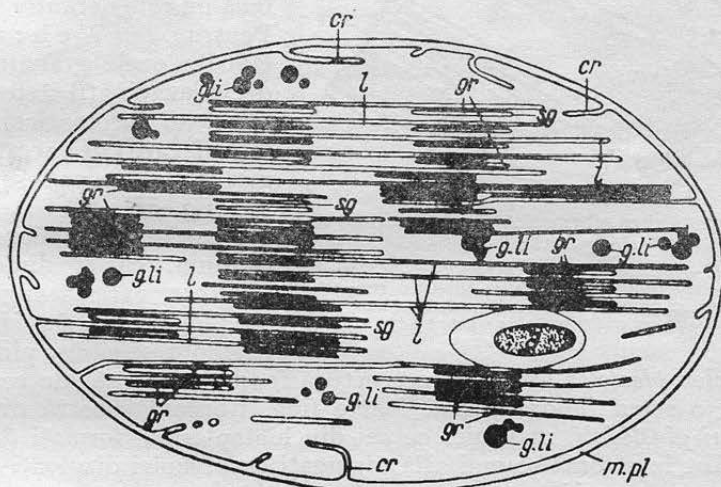


Fig. 54. Schema structurii unei cloroplaste de *Elodea* :

m.pl — membrana plastidei; *cr* — creste ce vor deveni membrane stromatice (*l*); *s.g.* sacule granare; *gr* — granum; *a* — amidon; *g.li.* — globule lipidice (după B u v a t, din Nougarede, 1969).

separate între ele de un spațiu gros de aproximativ 100 Å, plin cu o substanță diferită de cea a stromei. În timp ce foița externă a membranei este netedă, cea internă dă naștere, prin evaginație, unor creste ce se pre-

¹ De la grec. *thylahoides* = în formă de sac.

² De la latin. *granum* (plural *grana*) = grăuncior.

lungesc sub forma unor lamele ce străbat stroma în tot lungul plastidei, avînd o dispoziție aproape paralelă cu suprafața acesteia. Acestea sînt *lamellele stromatice* sau *stromatilacoide*. Și ele au pereți dubli, formați prin alipirea a două membrane simple.

Pe traiectul acestor lamele stromatice se diferențiază, din loc în loc, pachete de discuri lenticulare, numite și *discuri granare* sau *granatilacoide*,

groase cam de 100 Å, care, prin suprapunerea lor în formă de fișic cu bani, constituie grana. Interiorul unei plastide deci prezintă *zone granare*, mai groase, separate de *zone intergranare* în care stroma este străbătută numai de lamellele stromatice.

Modul cum se nasc discurile granare și cum se înmulțesc în cadrul aceluiași granum încă nu este definitiv lămurit. Pentru *W e h r m e y e r* (1964), zonele granare nu sînt decît evaginații laterale ale lamellelor stromatice, care rămîn legate de acestea sau, mai tîrziu, se pot separa de ele (fig. 55).

Numărul discurilor dintr-un granum, ca și dimensiunile acestora, variază după specia de plantă. La *Aspidistra*, de exemplu, se găsesc pînă la 30.

Fig. 55. Reconstituirea schematică a unei porțiuni de cloroplastă:

1 — stroma; 2 — membrana dublă a plastidei; 3 — lamelă stromatică; 4 — trei evaginații laterale a lamellelor stromatice formînd 3 discuri granare; 5 — discuri granare cuprinse între lamellele stromatice continue (după *Nougarede*, 1969).

Stroma cloroplastelor are o infrastructură foarte apropiată de cea a hialoplasmei: o rețea fundamentală foarte fină, fibrilară, poartă din loc în loc *ribozomi plastidali*, mai mici ca cei din hialoplasmă, formați din *ARN plastidal*. Tot în stromă se mai află pigmenți carotenoizi dizolvați în lipide și grăuncioare de amidon.

Compoziția chimică a cloroplastelor plantelor superioare este următoarea: 56,4% proteine, 31,9% lipide, 7,7% clorofilă și 2–3% pigmenți carotenoizi, 1–2% ARN-plastidal, urme de ADN, numeroase enzime, vitamine (E, K), urme de P și de metale (Fe, Cu, Mn, Mg, Zn).

Enzimele cloroplastelor intervin fie în procesul de captare și transformare a energiei luminoase, fie în fotosinteză.

Localizarea infrastructurală a clorofilei și pigmenților carotenoizi este una din problemele cele mai dezbătute în zilele noastre. Prin numeroase metode s-a ajuns la concluzia că moleculele de clorofilă, ca și cele de carotenoizi, se găsesc numai în grana și sînt dispuse într-o pătură monomole-

culară pe ambele fețe ale discurilor granare. Ținând cont de natura lipo-proteică a membranelor granare și de faptul că atât molecula de clorofilă cât și cea de carotenoizi au câte un pol hidrofil capabil să contracteze legături de tip van der Waals cu polii hidrofobi ai moleculelor de lecitină din membranele granare, s-au elaborat mai multe scheme tinzând să precizeze relațiile dintre moleculele pigmentilor și așezarea acestora în lamelele granare. Descrierea lor ar depăși nivelul manualului nostru. De altfel, mai rămân multe probleme de elucidat în acest domeniu.

Originea cloroplastelor a fost o problemă mult controversată în trecut. Descoperitorii lor, Meyer și Schimper susțineau că orice cloroplast

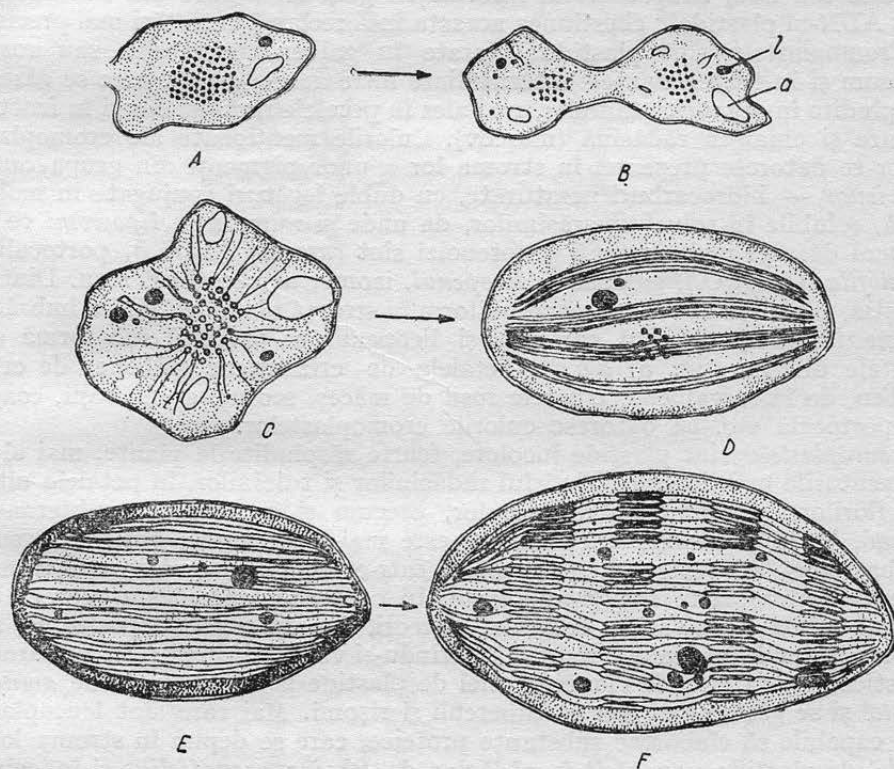


Fig. 56. Schema dezvoltării cloroplastelor (după Mühlethaler):

A — proplastid cu progranum; B — stadiul de diviziune; a — amidon; l — picături de grăsime; C — formarea lamelor; D — reduplicarea lamelor; E — cloroplast tinăr; F — cloroplast adult cu structura granelor; (după Huber).

provine dintr-un alt cloroplast preexistent, el neavînd posibilitatea să se nască din nou în celulă. Școala citologică franceză a lui A. Guillaiermond a combătut cu tărie această părere, susținînd că plastidele se nasc din nou în fiecare celulă embrionară din niște condriozomi speciali plastogeni.

Cu microscopul electronic, Strugger (1950—1954) a descoperit în celulele tinere de *Chlorophytum* și în cele ale conului vegetativ de *Elodea* niște plastide cu un singur granum pe care le-a numit *proplastide*, al căror granum, prin diviziuni ulterioare, dă naștere la numărul de grana caracteristic speciei. Observații mai recente au confirmat existența generală a proplastidelor în meristeme și modul cum un proplastid se transformă într-o plastidă adultă (fig. 56). De asemenea, cloroplastele adulte se pot înmulți prin bipartiție sau prin înmugurire. Noile descoperiri deci reactualizează vechea teorie a continuității plastidomului în celule. Totuși, nu este sigur că, în starea lor cea mai nediferențiată, plastidele n-ar putea fi clădite din nou, sub controlul informației genetice venite din nucleu sau din ADN-ul plastidal; chestiunea aceasta însă reclamă cercetări mai precise.

✕ **Cromoplastele**¹ sînt plastide colorate în galben, portocaliu sau roșu, precum și în toate nuanțele intermediare între aceste culori, care se găsesc răspândite în organele plantelor, mai ales în petalele florilor, dar și în fructe, frunze și chiar în rădăcină (morcov). Culoarele menționate ale cromoplastelor se datoresc prezenței în stroma lor a unor pigmenți din grupa *carotenoizilor* — hidrocarburi nesaturate, cu duble legături conjugate în moleculă, solubile în solvenții grăsimilor, de unde și numele de *lipocromi* ce li se mai dă. Cei mai obișnuiți carotenoizi sînt *carotina* ($C_{40}H_{56}$), portocalie, *xantofila* ($C_{40}H_{56}O_2$), galbenă și *licopenul*, izomer al carotinei, roșu. Dintre aceștia, xantofila se repartizează uniform în stroma plastidei, fără a îmbrăca forme figurate, pe cînd carotina și licopenul se prezintă sub formă de cristale diferite (fig. 57 a,b,c). Petalele de crizanteme galbene, de crin galben, de lea galbenă, fructele roșii de măceș, scoruș, ardei, roșii, coaja de portocală etc. își datoresc culorile cromoplastelor.

✕ **Leucoplastele**² sînt plastide incolore, foarte răspândite la plante, mai ales în țesuturile embrionare din vîrfurile rădăcinilor și tulpinilor, în petalele albe ale florilor, în albumenul semințelor, precum și în tulpinile subterane: rizomi, bulbi și tuberculi. Forma lor este mai ales sferică, fusiformă sau de bastonaș. Se găsesc cîte mai multe într-o celulă. Uneori se pot transforma în cloroplaste sau cromoplaste, în care caz leucoplasta reprezintă stroma viitoare plastide colorate. Alteori, leucoplastele depozitează în stroma lor mult amidon de rezervă, mărindu-și volumul și luînd forme caracteristice pentru diferite plante. Astfel de plastide poartă numele de *amiloplaste*³ și se găsesc mai ales în tuberculi și rizomi. Mai rare sînt leucoplastele capabile să elaboreze substanțe proteice, care se depun în stroma lor. Astfel de plastide s-au găsit în rădăcina de *Phajus grandifolius* și în celulele sacului embrionar de crin și s-au numit *proteoplaste* sau *aleuronoplaste*. Uneori, leucoplastele pot elabora mici granulații de lipide. Este cazul celulelor din talul mușchilor hepatici, a unor celule din petalele sau frunzele de stînjenele etc. Astfel de plastide poartă numele de *oleoplaste*. Unii citologi numesc „elaioplaste” granulații lipidice izolate sau asociate, care

¹ De la grec. *chroma* = culoare și *plastos* = format.

² De la grec. *leukos* = alb și *plastos* = format.

³ De la latin *amyllum* = amidon.

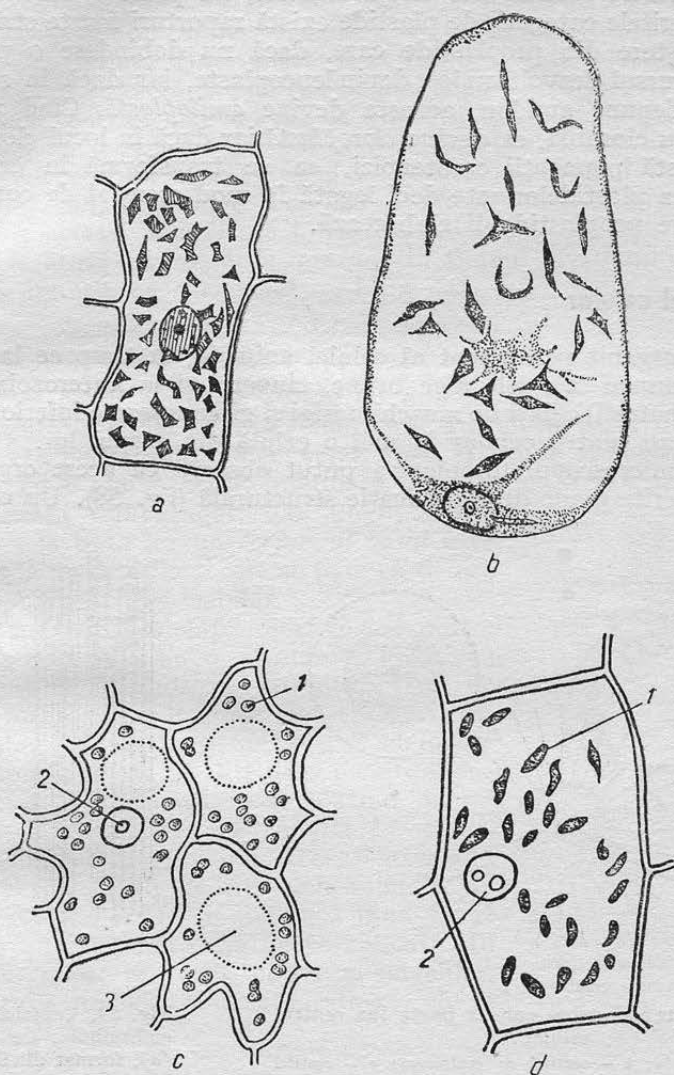


Fig. 57. *a* — diferite forme de cromoplaste într-o celulă a unei petale galbene de *Tropaeolum majus* (după Strasburger); *b* — cromoplaste din carnea fructului de *Crataegus* (după Molisch); *c* — cromoplaste din petale de *Forsythia*; *d* — cromoplaste din petale de *Rosa canina*:

1 — cromoplaste; 2 — nucleu; 3 — vacuole.

n-au nici un raport cu plastidele, ci se formează în citoplasmă. Locul acestora este printre incluziunile citoplasmice, nu printre plastide.

Între diferitele categorii de plastide există raporturi foarte strânse. Toate pot lua naștere din proplastide care, dacă nu dobîndesc o pigmentație specială în cursul dezvoltării lor, devin leucoplaste, iar dacă în sînul leucoplastei se depune amidon, aceasta devine *amiloplastă*. Cînd proplastida se încarcă cu clorofilă, ea devine *cloroplastă* iar dacă în locul clorofilei apar în leucoplastă pigmenții carotenoizi, ea se transformă în cromoplastă. Diferențierea plastidelor este deci legată în mod esențial de compuși chimici pe care proplastida îi elaborează.

g. Centrul celular

× Este un organit permanent al celulei animale, în timp ce la plante el se găsește numai la unele alge brune, ciuperci și la anterozoidii (celulele sexuale bărbătești) ciliați de mușchi, ferigi și gimnosperme inferioare. Angiospermele n-au centru celular în nici o celulă din corpul lor.

Încă cu microscopul fonic s-a putut observa că acest organit poate îmbrăca diferite grade de complicație structurală (fig. 58). Un centru celu-

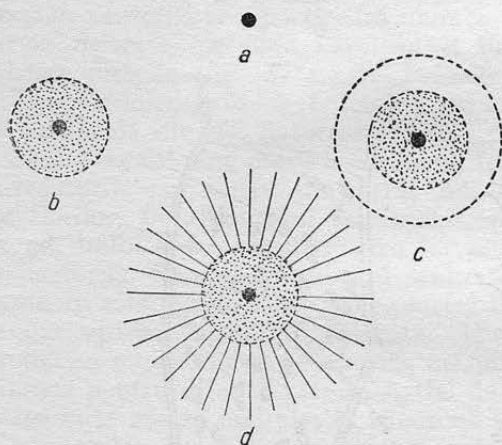


Fig. 58. Diferite aspecte pe care le poate lua centrul celular:

a — centriol simplu; b — centriol cu centrosom; c — centriol cu centrosom și centrosferă; d — idem, plus astrosferă (după Nougarede, 1969).

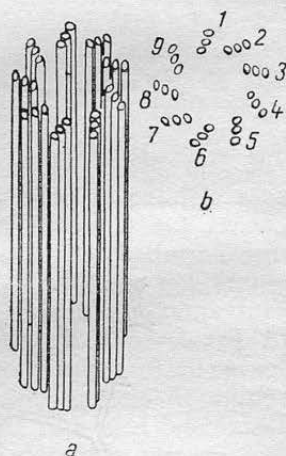


Fig. 59. Centriol din celulele embrionului de pui de găină (a), format din 9 grupe (1—9) de câte 3 elemente dispuse în spirală (b) (după Nougarede, 1969).

lar poate fi constituit numai din una sau mai multe corpuscule dense situate în apropierea nucleului sau la un capăt al celulei, corpuscule numite *centrioli*. Adesea, în jurul centriolului sau centriolilor se diferențiază o zonă concentrică de citoplasmă mai densă, alcătuită *centrosomul*. În jurul acest-

tuia, o zonă de citoplasmă mai fluidă formează *centrosfera*, de pe care pot pleca fire radiare alcătuind *astrosfera*.

Microscopul electronic a adus date noi, care atestă o structură mult mai complicată a centrului celular. Mai întâi, centriolii sînt totdeauna în număr pereche într-o celulă. Cînd numărul centriolilor este foarte mare într-o celulă, ei sînt în legătură cu cili sau flagelii și au o poziție mai superficială. Apoi, fiecare centriol este un fel de cilindru gol înăuntru, cu diametrul de $0,15 \mu$ și cu o lungime de $0,3-0,5 \mu$. Pereții lui sînt alcătuiți din 9 grupe de microtubuli așezați regulat, fiecare microtubul avînd 2 sau 3 elemente (fig. 59), cu diametrul de $200 \text{ \AA}$. Nu se cunoaște încă semnificația fiziologică a acestei complicate infrastructuri. Ca funcțiune, centrul celular stă în legătură cu mișcările interne din timpul diviziunii cariocinetice, de unde și numele de *cinetozom*¹ ce i s-a dat.

h. Cili și flagelii

Numeroase celule vegetale dotate cu mișcări se pot deplasa în mediul lichid cu ajutorul cililor și al flagelilor. Așa sînt algele verzi din grupa flagelatelor, zoosporii multor alge verzi, roșii și brune și spermatozoizii de mușchi, ferigi și gimnosperme inferioare. Fie *cili* (mulți și scurți), fie *flageli* (pușini, adesea unul singur, dar lungi), aceste organe au la baza lor un *corpuscul bazal* care le „comandă” mișcările și care se pare că derivă din centriolii centrului celular.

În ciuda mării diferențe morfologice dintre cili și flageli aceștia au o structură identică: sînt formațiuni cilindrice, cu diametrul de $2000 \text{ \AA}$, formați din 9 grupe de structuri tubulare duble așezate la periferie și 2 elemente tubulare simple, toate învelite de o membrană — prelungire a plasmalemei — și plutind într-o substanță fundamentală ce se află în continuitate cu hialoplasma (fig. 60). Aceeași structură o au cili și flagelii, fie de la celulele animale, fie de la cele vegetale. Nu se știe încă bine la ce servește o ultrastructură așa de complicată. În schimb, se cunosc mișcările cililor și flagelilor, studiate prin metoda cinematografică; ele se studiază la fiziologie.

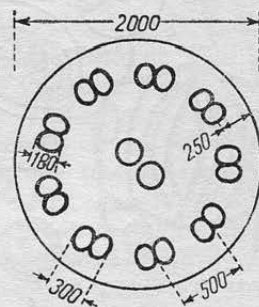


Fig. 60. Schema dispoziției și a taliei aproximative în $\text{\AA}$, a componentelor unui flagel, în secțiune transversală (după Fawcett, din Nougarede, 1969).

i. Nucleul

Nucleul este un corp sferic sau oval care se află în citoplasmă; la celulele tinere el ocupă centrul celulei, fiind mai refringent decât citoplasma și deci putîndu-se observa chiar în celula vie, necolorată, ca un sîmbure

¹ de la grec. *kinesis* = mișcare și *soma* = corp.

mai întunecat. De la asemănarea lui cu un simbur i se trage și numele de *nucleu*¹. Descoperit în 1831 de către R. Brown în celulele epidermice de orhidee, nucleul s-a dovedit a fi un organit permanent, care nu lipsește din nici o celulă vegetală. Chiar celulele algelor albastre și ale bacteriilor, numite impropriu celule anucleate, în realitate posedă cromatină cu ADN răspândită în citoplasmă. De aceea, este mai potrivită numirea de *protocariote*² (procariote) care li se dă astăzi, în opoziție cu celulele cu nucleu bine individualizați, care se numesc *eucariote*³. În general, celulele plantelor au câte un singur nucleu; există însă și cenocite dotate cu un număr foarte mare de nucleu, cum sînt plasmodiile de *Myxomycete*, multe ciuperci inferioare, multe alge și laticifere.

Forma nucleului la celulele vegetale variază după felul acestora: *sferic* sau *oval* la celulele parenchimatice, *discoidal* sau *turtit* la cele mature, în formă de *bastonaș* în celulele prozenchimatice, cilindrice etc. În afară de aceste forme obișnuite, mai rar nucleul poate fi *filiform*, *semilunar* sau chiar *lobat* (fig. 61), ultima formă întâlnindu-se mai ales în celulele plantelor atacate de paraziți. De altfel, în una și aceeași celulă, forma nucleului se

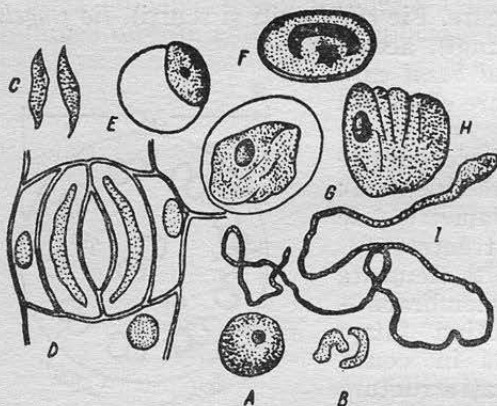


Fig. 61. Forme de nucleu:

A — nucleu sferic la *Neottia*; B — cilindric la *Chara*; C — fusiiform la *Hyacinthus*; D — semilunar la *Tradescantia*; G—H—nuclei uriași de *Aloe*; F — nucleu filamentos de *Lycoris* (după Molisch).

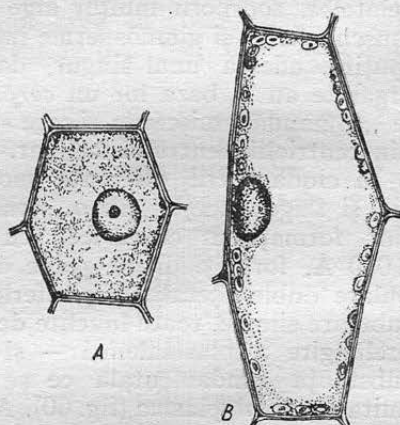


Fig. 62. Poziția nucleului în celulă tânără (A) și în cea adultă (B) (după Jukovski).

poate schimba sub influența presiunii sucului celular sau a altor cauze. De asemenea, nucleii multor celule pot executa mișcări proprii, cu care ocazie ei își schimbă și forma.

Poziția nucleului în celulă este și ea variabilă. La celulele meristemice cu multă citoplasmă, nucleul are o poziție centrală. Pe măsura creșterii

¹ De la latin. *nucleus* = simbur.

² De la grec. *protos* = cel dintii și *karyon* = nucleu.

³ De la grec. *eu* = veritabil, adevărat și *karyon* = nucleu.

numărului și dimensiunii vacuolei sau vacuolelor la celulele mature, citoplasma împreună cu nucleul este împinsă la periferia celulei, căptușind cu un strat subțire membrana celulozică pe dinăuntru (fig. 62). Cu ocazia mișcărilor citoplasmei este antrenat și deplasat și nucleul. Ori unde s-ar afla așezat și orișice mișcări ar executa nucleul singur sau antrenat de către citoplasmă, el rămîne în permanență înconjurat de citoplasmă, cu care se găsește într-o strînsă legătură fiziologică.

Dimensiunile nucleului variază foarte mult la celulele plantelor din diferite încrengături. La plantele superioare, mărimea medie a nucleului este cuprinsă între 10 și 50 μ . Algele au nuclei de 2—3 μ , ciupercile de 0,5—1 μ . Există însă și celule cu nuclei uriași. Astfel, celulele internodiale de *Chara* au nuclei de 20—40 μ , alga unicelulară *Acetabularia* nuclei care pot atinge 100 μ diametru, iar oosfera de *Dioon edule* (gymnosperm) nuclei de 500—600 μ .

Dacă talia nucleului este variabilă, există totuși o relație constantă între volumul său și volumul citoplasmei. Această relație se numește *raport nucleoplasmatic* (R.N.P.) și se exprimă astfel:

$$RNP = \frac{V_n}{V_c - V_n},$$

V_n fiind volumul nucleului, iar V_c — volumul celulei. Valoarea RNP, foarte ridicată la celulele meristematice, scade puțin cîte puțin în decursul diferențierii celulare, ajungînd *constantă* la o anumită categorie de celule.

Proprietățile fizice ale nucleului sînt destul de diferite față de cele ale citoplasmei. Indicele lui de refracție este mai mare. Ca stare fizică, nucleul este tot un sistem coloidal complex, polifazic. Vîscozitatea lui este variabilă, uneori aceasta este mică și nucleul se comportă ca un sol lichid. Suprafața sferică, mișcărilor amiboide pe care le execută uneori, fuziunea completă a celor doi nuclei în fecundație pledează pentru o stare lichidă; faptul că nucleii se pot întinde în fire subțiri cu instrumente microchirurgicale, că uneori doi nuclei numai se alătură și se deformează reciproc fără a fuziona, faptul că ei pot fi tăiați în bucăți etc., pledează pentru o stare gelică, sau solidă. De altfel, ca și în cazul citoplasmei, transformarea solului nuclear în gel sau a gelului în sol este reversibilă, și asemenea fenomene au loc în decursul activității nucleului, după cum pot fi provocate și experimental.

Constituția chimică a nucleului, deși în general asemănătoare cu cea a citoplasmei, se deosebește totuși de aceasta printr-o proporție mai mare de nucleoproteide, prin prezența de acizi nucleici, atît legați de molecule proteice cît și liberi, și prin faptul că acidul nucleic care predomină în nucleoproteidele nucleului este ADN (10% față de numai 3,7% ARN), în timp ce în citoplasmă și nucleoli, nucleoproteidele alcătuitoare conțin numai ARN. Lipoproteidele intră și ele în constituția nucleului în proporții însemnate (pînă la 5%). Reacția chimică a nucleului este ușor acidă, de aceea nucleul absoarbe și se colorează cu coloranți bazici ca albastrul de metilen, verdele de metil, fuxina bazică etc. Reacția caracteristică pen-

tru nucleu, mai exact pentru acidul dezoxiribonucleic din el, este așa-numita „reacție Feulgen”: hidrolizînd încet preparate cu nuclei cu HCl la 60°C, dezoxiriboza se scindează într-un compus cu funcție aldehydică liberă, care colorează în roșu-violet o soluție de fuxină, în prealabil decolorată cu acid sulfuros.

Deja citologia clasică, cu microscopul fonic, prin observație vitală și cu ajutorul microscopului polarizant, a putut arăta că nucleul este separat de citoplasmă de către o *membrană nucleară*. Aceasta poate dispărea la un moment dat, moment în care în interiorul nucleului se constituie niște formațiuni foarte intens colorabile numite *cromozomi*¹. Apariția cromozomilor este rapid urmată de diviziunea nucleului în doi nuclei-fii.

În consecință, fiecare nucleu trece în decursul vieții sale prin două perioade:

— o perioadă *interfazăică, intercinetică* sau *de repaus* (deși cîtă vreme este viu, nucleul nu se află nici un moment în repaus), perioadă în care nucleul este cviescent, el nu se divide, și

— o perioadă în care nucleul se pregătește de diviziune și apoi trece în diviziune sau în *mitoză*².

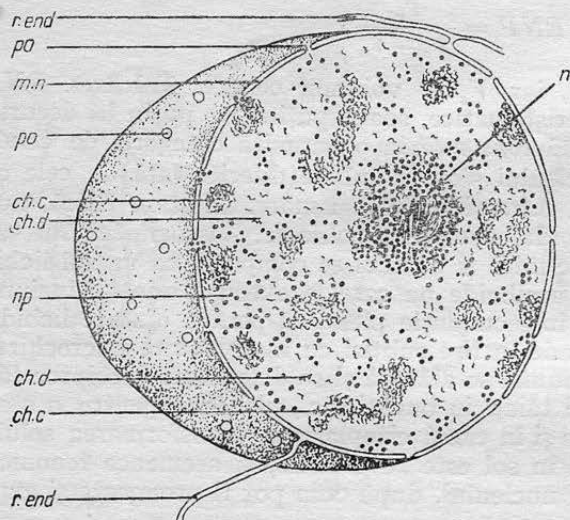


Fig. 63. Schema infrastructurii nucleului interfazăic:

m.n. — membrană nucleară; po — porii;
r.end — reticul endoplasmatic;
ch.c — cromatină condensată;
ch.d — cromatină dispersată;
np — nucleoplasmă; n — nucleol (după
Nougarède, 1969).

Atît structura cît și comportarea biochimică a nucleului variază, după cum acesta se află într-una sau într-alta din cele două faze ale vieții sale.

Diviziunea nucleului constituind o problemă de înmulțire a celulelor, în cele ce urmează vom analiza doar structura nucleului intercinetic.

Un nucleu intercinetic este înconjurat de o *membrană dublă* (fig. 63) care-l separă de citoplasmă înconjurătoare și care închide în interiorul ei

¹ De la grec. *chroma* = culoare și *soma* = corp.

² De la grec. *mitos* = filament, fir (aluzie la apariția cromozomilor).

o substanță fluidă, coloidală, numită *carioplasmă*¹, în care se scaldă 1—3 corpusculi numiți *nucleoli*.

Membrana nucleară a celulei vegetale, observată la microscopul electronic apare formată din două foiețe, una externă și alta internă, de câte 70—90 Å grosime, separate între ele printr-un spațiu *perinuclear* de 200—300 Å grosime. Ea este deci o *dublă membrană*, ca și membranele condriozomilor sau ale plastidelor. Fiecare dintre foiețe reprezintă câte o membrană plasmatică elementară, care apare la microscopul electronic ca formată din două straturi întinse de 20—25 Å ce înconjoară un spațiu mai clar, de 35 Å. Arhitectonica moleculară a acestor foiețe este identică cu cea a membranelor plasmatice (v. fig. 40). Membrana nucleară nu este continuă: cele două foiețe ale sale se reunesc din loc în loc, delimitând o sumedenie de *pori* cu diametrul de 300—500 Å, prin care se fac schimburi de substanțe între carioplasmă și citoplasmă. Foița externă a membranei nucleare este în continuitate cu membrana reticulului endoplasmatic, iar spațiul perinuclear comunică cu acesta.

Carioplasma sau nucleoplasma este o masă fluidă în care se găsește cromatina și nucleolii. După modul cum se dispune cromatina în nucleu, s-au descris în microscopia fonică mai multe *tipuri de nuclei*, legate între ele prin forme de trecere. Există două tipuri extreme (fig. 64): *nuclei reticulați* și *nuclei areticulați* (C. Dela y, 1949)². Nucleii reticulați au cromatina sub formă de filamente anastomozate formînd o rețea, ale cărei fire pot prezenta îngroșări locale de mărimi și număr variabile, numite cromocentre (fig. 64, A). Acest tip de nucleu se află la conifere și multe monocotiledonate, cum sînt gramineele, liliaceele, iar dintre dicotiledonate, la *Vicia faba* și alte leguminoase. Nucleii areticulați (fig. 64, B) au cromatina dispusă sub formă de corpuscule libere în cariolimfă, în număr egal sau mai mare decît numărul de cromozomi, corpusculi numiți *procromozomi* sau *ecucromocentre*. Astfel de nuclei se găsesc foarte răspîndiți la dicotiledonate, ca, de exemplu, la crucifere, euforbiacee, cucurbitacee etc. Nucleul mitotic prezintă o serie de figuri caracteristice diviziunii, care vor fi studiate mai tîrziu.

În nucleii reticulați, microfibrilele de ADN asociate cu proteinele sînt dispersate în carioplasmă, pe cînd în cei areticulați acestea se condensează în procromozomi. Pe lîngă nucleoproteide și ADN liber, carioplasma mai

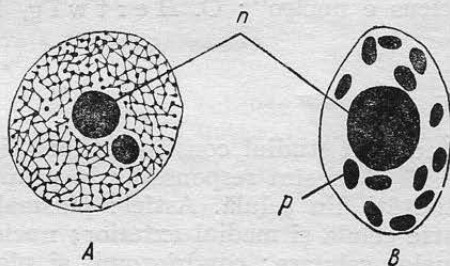


Fig. 64. Structura nucleului de tip reticulat (A) și a celui de tip areticulat (B):

n — nucleoli; *p* — procromozomi (după Guilliermond).

¹ De la grec. *karyon* = nucleu și *plasma* = formațiune.

² Dela y Cécile: *Recherches sur la structure des noyaux quiescents chez les Phanérogames*. Ed. Masson, Paris, 1949 (thèse).

conține ARN solubil, mesager precum și diferite enzime. Cromatina, substanța bazofilă din nucleu, formează cromozomi atât în nucleul interfazic, cât și în cel în diviziune; cromozomii, purtătorii genelor, responsabile de transmiterea caracterelor ereditare, sînt *structuri permanente* ale nucleului, indiferent de faza în care acesta se găsește.

Nucleolul (sau nucleolii) sînt organite foarte refringente deoarece conțin 40–80% materie uscată (față de substanțele uscate totale din celulă, care ating doar 10–25%, restul fiind apă), înglobate în nucleu, care dispar cu ocazia cariocinezei și reapar în nucleii-fii. Ei n-au o membrană proprie. Din punct de vedere chimic, nucleolul constă din protide, 80%, dintre care ARN sub cele trei forme, pînă la 15%, fosfoproteide (15–20%), enzime diverse și ioni metalici de Ca, Zn, K, Fe și Co. Nucleolul are rol în sinteza proteinelor nucleare.

Rolul nucleului în viața celulei. Nucleul, ca organit viu, ia parte importantă la toate manifestările vitale ale celulei, cum sînt: creșterea, diviziunea celulei, transmiterea caracterelor ereditare, secreția membranei celulozice, metabolismul anabolic, diferențierea celulară, cicatrizarea rănilor, regenerarea etc. Celulele care-și pierd nucleul de timpuriu, cum sînt vasele liberene ale plantelor sau hematiile din sângele unor mamifere, nu mai cresc, sînt incapabile de diviziune și au o viață foarte scurtă. Nucleul nu-și poate îndeplini însă funcțiunile amintite decît în strînsă „colaborare” cu citoplasma, cu care întreține un permanent schimb de substanțe.

În privința originii sale, un nucleu nu se formează niciodată din nou în celulă, ci ia naștere prin diviziune dintr-un alt nucleu preexistent („Omnis nucleus e nucleo”: O. Hertwig, 1888).

*
* *

Înceind studiul constituenților vii ai celulei, trebuie să subliniem încă o dată că ei sînt responsabili în primul rînd de numeroasele și complexe activități din celulă. Astfel: plasmalema asigură, și reglează schimburile dintre celulă și mediul exterior; nucleul și ribozomii dirijează sinteza proteinelor celulare; condriozomii și plastidele asigură captarea și transformările de energie necesare vieții; reticulul endoplasmatic constituie un adevărat sistem circulator intracelular, dictiozomii asigură proteoliza și secreția. Toate aceste organite sînt adăpostite și se „scaldă” în plasma fundamentală, cu care intră în complicate relații reciproce.

Infrastructura acestor organite, dezvăluită de microscopul electronic, s-a dovedit a fi un „*aranjament molecular*” pe cît de diferit ca aspect, pe atît de unitar din punct de vedere chimic. În acest aranjament molecular, materialul de construcție este alcătuit din macromoleculele proteice și de fosfoaminolipide. Alte proteine sînt enzimatice, *biocatalizatori*, care efectuează toate transformările de materie și energie din celule, altele, în fine, moleculele de ADN și ARN, au macromolecule codificate, ele asigurînd

existența și reproducerea ființelor vii, identice cu ele însele. Dintre toate protidele materiei vii, ADN-ul, depozitarul informației genetice se dovedește a fi cel mai important, el putând modifica, controla și dirija — cu ajutorul genelor pe care le conține — toate activitățile celulei, în fiecare moment.

Dar nu numai materialul de construcție al organitelor celulare este același, unitar, ci și aranjamentul lui molecular sau infrastructura acestora prezintă analogii de structură uimitoare.

Încă din anul 1959, Robertson atrăgea atenția citologilor asupra unității structurale fundamentale a membranelor plasmatiche, toate alcătuite după un model identic: două pături de protide, între care se dispun două straturi monomoleculare de fosfoaminolipide. Ansamblul lor constituie o membrană elementară, așa cum este plasmalema și tonoplastul, dictiozomii și reticulul endoplasmatic; prin asocierea a două membrane elementare, se formează o dublă membrană, așa cum au condriozomii, plastidele și nucleul.

Prin aceste membrane elementare (unitare) sau duble, protoplasma celulei realizează suprafețe interne considerabile, care constituie suportul pe care activează nenumăratele sisteme enzimatică din celule.

Pe lângă enzime, plasma vie mai dispune și de o serie de alte *substanțe active* sau *ergone*¹, printre care amintim: vitaminele, fitohormonii, antibioticele, fitoncidele, toxinele vegetale etc. care toate contribuie la declanșarea, reglarea și coordonarea proceselor vitale în organismul viu, realizând *unitatea și integritatea organizatorică și funcțională* a acestuia.

7. CONSTITUENȚII NEVII AI CELULEI VEGETALE SAU PARAPLASMA

Alături de constituenți vii pe care îi cunoaștem, celulele vegetale conțin o serie de constituenți *nevi*, a căror totalitate formează **paraplasma** și care sînt: *vacuomul celular*, *incluziunile ergastice* din celulă și *membrana scheletică* a acesteia.

a. Vacuomul celular

Toate celulele vegetale au în citoplasma lor un sistem de „pungi” mai mici sau mai mari, sau o singură pungă mare, mărginite spre exterior de o peliculă plasmatică mai densă și pline cu un fluid mai puțin viscos decît citoplasma. Asemenea pungi se numesc *vacuole*; peliculele plasmatiche care formează pereții lor poartă numele de *tonoplast*, iar conținutul lor se numește *suc celular*. Totalitatea vacuolelor dintr-o celulă constituie *vacuomul*² *celular*.

¹ De la grec. *ergon* = activitate.

² De la latin. *vacuus*- *a-um* = gol.

În celulele foarte tinere și în acelea ale unor alge marine, vacuolele sînt foarte numeroase și așa de mici, încît nu pot fi văzute cu microscopul obișnuit și multă vreme citologii au considerat astfel de celule drept lipsite de vacuole. Trătindu-le cu coloranți vitali care se acumulează în vacuole, cum sînt roșul neutru, albastrul de metilen, albastrul de crezil etc. în soluții foarte diluate, se poate dovedi existența neîndoielnică a vacuolelor și în aceste celule. Același lucru l-a confirmat și microscopul electronic, așa încît azi se știe că vacuolele au o existență generală și nu lipsesc din nici o celulă vegetală.

Forma vacuolelor diferă foarte mult de la celulă la celulă, iar în cadrul aceleiași celule vacuolele prezintă aspecte diferite după vîrsta celulei, gradul de hidratare al citoplasmei și starea funcțională a celulei.

Vacuolele celulelor foarte tinere sînt numeroase, mici, au formă de globule sau bastonașe și sînt pline cu un suc celular foarte dens, un gel coloidal. Celule cu astfel de vacuole se găsesc în meristemele vii din vîrfurile vegetative ale organelor plantelor. Ceva mai departe de vîrf, în zona de creștere prin întindere a rădăcinii, se observă la microscop cum vacuolele se umflă absorbînd apă, fuzionează unele cu altele, numărul lor se împuținează și forma lor se schimbă. Pe măsură ce celulele se alungesc, fenomenele de umflare și de fuziune a vacuolelor se tot accentuează, așa încît celula adultă ajunge să aibă o singură mare vacuolă centrală, care ocupă aproape tot volumul ei, citoplasma și nucleul fiind împinse la periferie și căptușind ca un strat subțire membrana celulozică pe dinăuntru (fig. 65, A—D). Acest fenomen se poate petrece și în sens invers la celulele din interiorul semințelor. Cînd sămînța e necoptă, celulele sale au cîte o vacuolă mare cu suc celular fluid. În timpul coacerii, vacuola se încarcă cu materii de rezervă proteice, sucul său celular devine tot mai dens. Concomitent are loc o puternică deshidratare, ceea ce are ca urmare fragmentarea vacuolei unice într-o serie de alte vacuole mici, care sfîrșesc prin a se solidifica și a deveni grăuncioare de aleuronă (fig. 66). Dacă sămînța ajunge să încolească, țesuturile ei se hidratează din nou, grăuncioarele de aleuronă se umflă, dînd vacuole cu suc celular fluid, care încetul cu încetul fuzionează și celula își poate relua aspectul original.

Ca *origine*, multe vacuole se pot naște prin diviziune *din alte vacuole* pre-existente. Există însă o mulțime de observații recente care pledează pentru formarea „*de novo*” a vacuolelor în citoplasmă. Astfel, în timpul înmuguririi drojdiei de bere, foarte adesea vacuola celulei-mamă nu participă la diviziune, așa încît celula-fiică, la început, este lipsită de vacuolă. Mai tîrziu, prin neoformație, în centrul acestei noi celule își face apariția o vacuolă.

Se pare că citoplasma sintetizează la început niște granulații coloidale hidrofile care se colorează prin coloranți vitali, și, ulterior, în jurul acestora se nasc vacuolele prin hidratarea lor.

B u v a t (1963) a observat cum anumite formațiuni plasmatice, limitate de membrane asemănătoare cu cele ale porțiunilor netede ale reticulului endoplasmatic, se pot hipertrofia, dînd vacuole tipice. Evoluția acestor

formațiuni, urmărită în meristemul rădăcinii de grâu a confirmat cele afirmate mai înainte.

Tonoplastul vacuolelor are o structură absolut identică cu cea a reticulului endoplasmatic. Totuși, este foarte greu de stabilit dacă vacuolele

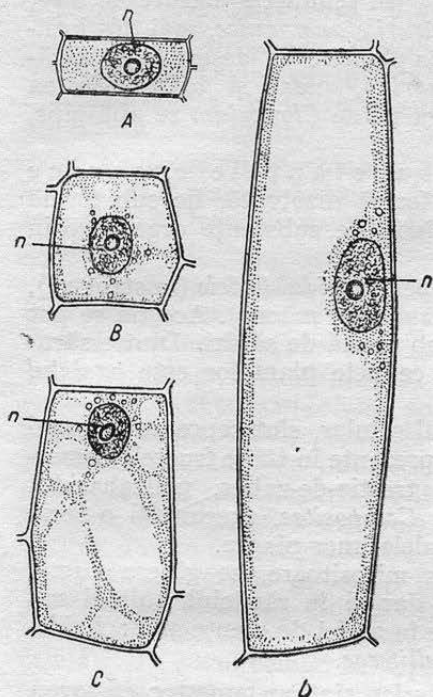
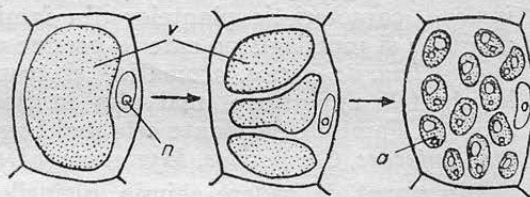


Fig. 65. Evoluția vacuomului :

A — celulă embrională; B, C — celule în plin proces de vacuolizare; D — celulă adultă cu o singură vacuolă centrală și cu citoplasmă redusă la un strat ce cântușește membrana; n — nucleu cu nucleol (după Troll).

Fig. 66. Formarea grăuncioarelor de aleuronă (a), prin deshidratarea și fragmentarea vacuolei (v); n-nucleul (după Gautheret).



se nasc din reticulul endoplasmatic (Buvat), din aparatul lui Golgi (Marinos, 1963) sau dacă numai produse elaborate de reticulul endoplasmatic sînt transferate și înmagazinate în vacuole. Rămîn ca fapte sigure dovezile care pledează pentru ambele căi de naștere ale vacuolelor: prin diviziune din alte vacuole preexistente, sau prin apariția din nou, spontană, a lor, în masa hialoplasmei.

Sucul celular care umple vacuolele conține în primul rînd tot excesul de apă din celulă, dar și o mulțime de substanțe de rezervă sau de substanțe de excreție, așa încît compoziția lui este foarte variabilă. Variația compoziției sucului celular se datorește atît felului și concentrației substanțelor dizolvate, cît și pH-ului și presiunii lui osmotice. Această variație depinde de specie, de vîrsta celulei, de natura țesutului din care face parte celula, de starea fiziologică a acesteia și de condițiile mediului.

Substanțele minerale din suc celular se pot găsi dizolvate sub formă de molecule sau disociate în ioni, formînd deci soluții adevărate, pe cînd multe din substanțele organice pot fi coloidale sau sub formă solidă. De

aici marea oscilație a vîscozității sucului celular. Reacția chimică a sucului celular este în general acidă, pH-ul său are valoarea medie cuprinsă între 5,5—6,5.

Dintre substanțele minerale prezente în sucul celular, cităm: apa, a cărei proporție poate varia între 5% (în semințele mature) și 95% în celulele parenchimatice adulte; dintre sărurile anorganice, mai des întîlnite în sucul celular, sînt: NaCl, mai ales la plantele de deșert și de sărături, ioduri la algele brune (*Fucus*, *Laminaria*), azotați și fosfați, acestea toate dizolvate în apă sau disociate; la alga verde *Closterium* se află gips, CaSO_4 , sub formă de cristale în vacuole.

Mai numeroase și mai importante sînt substanțele organice din sucul celular, putîndu-se găsi fie sub formă dizolvată, fie sub formă coloidală, fie solidă. Dintre cele mai des întîlnite substanțe organice din sucul celular, menționăm următoarele:

— *Acizii organici*: acidul malic (în mere, pere), acidul tartric (în struguri), acidul citric (în fructele citricelor), acidul oxalic (în măcriș). Aceștia se pot găsi atît sub formă liberă, cît și mai ales sub formă de săruri. Dintre sărurile acizilor organici, cel mai frecvent în celulele plantelor este oxalatul de Ca.

— *Glucidele*, totdeauna dizolvate în sucul celular, sînt reprezentate mai ales prin monozaharidele glucoza și fructoza, prezente în toate fructele comestibile, bizaharidul zaharoza din sfeclă și trestie-de-zahăr, polizaharidul inulina, caracteristic plantelor din familia *Compositae*, precum și o serie de gume și mucilagii pe care le produc celulele unor plante.

— *Uleiurile eterice*, aromatice și frumos mirositoare, se găsesc numai la plantele superioare, mai ales în flori, dar și în rădăcini, tulpini sau scoarță. Familiile de plante cele mai bogate în astfel de esențe sînt: *Labiatae*, *Rutaceae*, *Compositae*, *Myrtaceae* și *Umbelliferae*.

Din punct de vedere chimic, uleiurile eterice sînt un amestec eterogen de terpene, alcooli, esteri și fenoli. Uneori sînt amestecate cu rășini, formînd balsamuri.

— *Alcaloizii* sînt produși organici care conțin în moleculă C, H și N, uneori și O, cu structură heterocică și cu caracter bazic, avînd o acțiune toxică asupra animalelor. Se găsesc mai ales la plantele superioare din clasa dicotiledonatelor, familiile cele mai bogate în alcaloizi fiind: *Solanaceae*, *Papaveraceae*, *Rubiaceae*, *Asclepiadaceae* și *Ranunculaceae*. Se pot găsi în toate organele plantelor, ca: fructe (piper, cafea), frunze (ceai, tutun), coajă (chinina) etc., dizolvate în sucul celular; opiu de mac însă se găsește în latex.

— *Glucosizii* sînt compuși foarte răspîndiți în sucul celular al plantelor, unde se află dizolvați. Molecula lor este alcătuită dintr-un zahăr simplu și un component numit aglicon, după natura chimică a căruia se clasifică glucosizii în: fenolici, cînd agliconul este un fenol, digitalici și sulfurați.

Dintre glucosizii fenolici cei mai răspîndiți la plante, cităm: salicina din salcie, populina din plop, esculina din castanele sălbatice, siringina din liliac etc. Tot în această grupă intră glucosizii flavonici și cei antocianici.

Primii dau culoarea galbenă florilor de rezedă, mușețel și cea albă florilor de ghiocel, crin, narcise etc. iar antocianii dau culorile albastră, violetă și roșie multor flori, ca: albăstrița, viorea, mazăricea etc., rădăcinilor de sfeclă-roșie, frunzelor de varză-roșie, fructelor ca struguri, cireșe, dute etc. Aceștia își schimbă culoarea după variațiile pH-ului; un glucosid cianogenetic este *amigdalina* din sămînța de migdale amare, semințele de caise, prune, cireșe etc. Glucosizii digitalici, digitalina și strofantina au întrebuințări medicinale (cardiotonici). Muștarul, hreanul, ridichile și alte crucifere conțin un glucosid sulfurat numit *sinigrina*, care prin hidroliză dă esența de muștar.

— *Taninurile* sînt compuși fenolici fără azot, coloidalii, cu gust amar și astringent, care se întîlnesc destul de des în vacuolele celulelor unor fructe necoapte, în frunzele de ceai, în galele de pe frunzele de stejar, în scoarța multor arbori.

— *Cauciucul* se află în latexul multor arbori exotici, ca *Ficus*, *Hevea*, *Urceola* etc., mai rar ierboase (*Taraxacum koksaghyz*), din care se extrage și se prelucrează.

Participarea vacuomului la fiziologia celulară. Deși organit nevii, vacuomul cu sucul său celular participă la o serie de funcțiuni cu rol esențial în viața celulei. Astfel, vacuolele stochează excesul de apă din protoplasmă și-i asigură gradul de imbibitiție convenabil; apoi, prin sucul său celular și tonoplastul cu semipermeabilitate reglabilă, *vacuomul participă la absorbția apei cu substanțele minerale din sol*, care condiționează metabolismul celular. Presiunea osmotică din vacuolă asigură *turgescența* celulelor, starea de rigiditate în care celula își îndeplinește funcțiile cu maximum de efect. La plantele ierboase, turgescența are un important rol de susținere, iar la celulele meristematice, turgescența intervine în procesele de creștere celulară. În sucul celular se depun o serie de substanțe de rezervă (inulina, aleurona), substanțe de excreție (oxalați), aici se blochează și se fac inofensive pentru citoplasmă multe substanțe toxice (glucosizi, taninuri, alcaloizi toxici).

b. Incluziunile ergastice din celulă

Prin *incluziuni ergastice* se înțeleg acele formațiuni figurate înglobate în citoplasmă sau în vacuolă, care au luat naștere prin activitatea vitală a protoplastului și care servesc drept materii de rezervă ce vor fi utilizate din nou de către celulă, sau reprezintă substanțe de excreție pe care planta le scoate din circuitul nutritiv.

Cele mai obișnuite incluziuni ergastice din celulele vegetale sînt: picăturile de grăsimi, grăuncioarele de amidon, grăuncioarele de aleuronă și cristalele minerale.

Picăturile de grăsimi sînt corpuscule sferice, alcătuite mai ales din gliceride, răspîndite în celulele epidermice de orhidee, în celulele mușchilor

hepatici (fig. 67) și în semințele plantelor oleaginoase. Ele reprezintă materii de rezervă.

Grăuncioarele de amidon sînt cele mai răspîndite incluziuni și ele reprezintă amidonul de rezervă pe care plantele îl depun mai ales în semințe sau în tulpini subterane adaptate la funcțiunea de depozitare: rizomi, tuberculi și bulbi, dar și în tulpini aeriene și chiar în frunze.

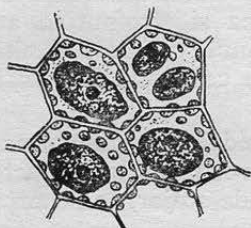


Fig. 67. Picături de ulei în celulele de mușchi hepatici (după Molisch).

Un grăuncior de amidon apare în amiloplaste la început sub forma unui mic corpuscul complet înglobat în stroma plastidei. Peste acest început de grăuncior care se numește *hil*, plastida depune noi straturi concentrice care măresc dimensiunile acestuia, dar grăunciorul continuă să rămînă înconjurat de o peliculă de substanță plastidială. Dacă această peliculă este uniform de groasă, ea depune straturi de amidon egale și hilul rămîne central, ca la porumb; dacă pelicula este mai subțire la un pol al grăunciorului și mai groasă la polul opus, straturile

de amidon vor fi și ele inegal de groase, hilul devenind excentric, ca la cartof. În cele mai multe cazuri, învelișul plastidial persistă și după ce grăunciorul a ajuns matur, situație în care, după ce amidonul a fost consumat de celulă, leucoplasta își reia forma inițială. Alteori, după ce grăunciorul de amidon a atins o mărime apreciabilă, învelișul plastidial degenerază. În acest caz, după consumarea amidonului nu mai rămîne nici urmă de amiloplastă.

Forma grăunciorului de amidon este variabilă și caracteristică pentru anumite plante. Astfel, amidonul de grâu are o formă sferică, cel de porumb una poliedrică, cel de fasole o formă eliptică, cel de cartof una ovală etc. (fig. 68). La fel de variabilă este și *mărimea* grăuncioarelor; ea atinge 3–10 μ la orez, 10–30 μ la porumb, 25–55 μ la fasole, 50–100 μ la cartof. Straturile mai întinse care alternează cu straturi mai deschise la culoare în unele grăuncioare conțin un procent mai mare de apă. Dacă în interiorul unei leucoplaste ia naștere un singur centru de formare a amidonului, grăunciorul rezultat are un singur hil și se numește *amidon simplu*. În cazul cînd într-o aceeași plastidă se formează două sau mai multe centre de depunere, grăunciorul rezultat va avea mai multe hiluri și va constitui *amidon compus*, de exemplu, amidonul de orez, de ovăz etc. În lumina polarizată, grăunciorul de amidon prezintă o cruce neagră, caracteristică cristalelor birefringente. Aceasta înseamnă că macromolecula de amidon este formată din unități cristaline de glucoză sub formă de microfibrile, asociate în fascicule, orientate radier și afundate într-o pastă de amidon amorf.

Din punct de vedere chimic, amidonul este un *polizaharid*, avînd formula $(C_6H_{10}O_5)_n$, cu o moleculă enormă, formată din sute sau mii de molecule de glucoză. Greutatea moleculară a amidonului variază între cîteva zeci de mii și cîteva sute de mii. Pe lîngă C, H și O, unele amidonuri conțin în moleculă și urme de cationi de Ca, Mg, K, Na, de P și acid silicic,

despre care nu se știe precis dacă sînt impurități sau dacă elementele respective sînt constitutive. Se admite azi că în molecula de amidon intră două componente distincte : *amiloza*, solubilă în apă, cu molecula mai mică, în formă de filamente neramificate și alcătuită din glucoză, și *amilopectina*,

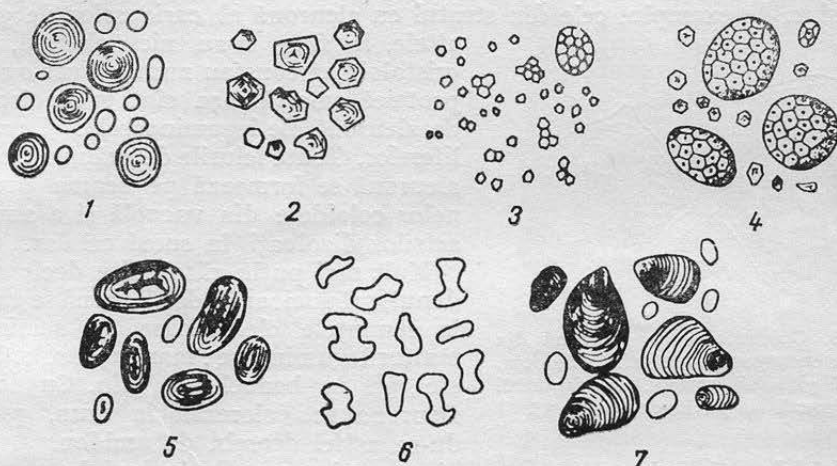


Fig. 68. Forma grăuncioarelor de amidon :

1 — la grâu; 2 — la porumb; 3 — la orez; 4 — la ovăz; 5 — la fasole; 6 — la *Euphorbia*;
7 — la cartof (după Nougarede, 1969)

cu molecula mai mare, în formă de fire ramificate, care conține și impuritățile amintite. Raportul dintre aceste două componente este în medie de 1:3.

Amidonul nu se dizolvă în apă rece; încălzit în apă la 60—80°C, el se umflă și se dezagregă, formînd „coca” de amidon.

În laborator, amidonul poate fi hidrolizat cu acizi puternici, ca HCl, H₂SO₄, descompunîndu-se treptat în polizaharide din ce în ce mai simple numite *dextrine*; acestea se descompun în molecule de bizaharid numit *maltoză*, care la rîndul ei se descompune în două molecule de glucoză. În celula vie, operația descompunerii amidonului o face fermentul amilază, fără să apară dextrinele ca produși intermediari.

Amidonul reprezintă cel dintîi produs al fotosintezei, care se poate pune în evidență în frunze, datorită proprietății lui de a se colora în albastru cu iodul. Culoarea dispare la căldură și re apare după răcire. Ea se datorește unui fenomen de adsorbție a moleculelor de iod la suprafața particulelor de amidon.

Grăuncioarele de aleuronă reprezintă substanțe de rezervă proteice, care iau naștere în semințele multor plante, prin deshidratarea vacuolelor, în

modul descris mai înainte. În cazul cel mai complicat, așa cum se prezintă în semințele de ricin, un grăuncior de aleuronă are o mărime de 10–60 μ și constă din proteine amorfe, care constituie masa principală a grăunciorului, în care sînt înglobate: un corpuscule sferic, numit *globoid*, și un cristal de proteină cu contur poligonal, numit *cristaloid* (fig. 69).

Există și grăuncioare de aleuronă numai cu globoiți, fără cristaloidi, cum sînt, de exemplu, cele din stratul cu aleuronă al cariopselor de grâu;

altele, în fine, n-au nici globoid, nici cristaloid, ci constau numai dintr-o masă proteică amorfă. Așa sînt grăuncioarele de aleuronă ale leguminoaselor și umbeliferelor. Toate felurile de grăuncioare de aleuronă se formează pe seama proteinelor coloidale din vacuolă și a aminoacizilor dizolvați în sucule celular.

Mult mai puțin răspîndite decît amidonul, grăuncioarele de aleuronă se găsesc în semințele oleaginoase, în semințele multor leguminoase: mazare, fasole, linte etc., și în boabele de grâu. Cu iodul, aleurona se colorează în brun, putîndu-se astfel deosebi de amidon.

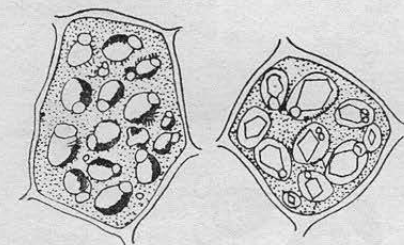


Fig. 69. Grăuncioare de aleuronă din celulele endospermului seminței de ricin. Se văd globoiții rotunzi și cristaloidii poligonal (după K u r s a n o v).

Cristalele minerale pot apărea foarte adesea ca incluziuni în vacuole, constituind substanțe de excreție. Cele mai des întîlnite cristale din celulele plantelor sînt formate din *oxalat de calciu*. Acesta se poate prezenta în celule sub aspectul de cristale foarte mărunte, a căror formă nu se poate determina cu microscopul, cînd poartă numele de *nisip de oxalat de calciu*. Așa se află

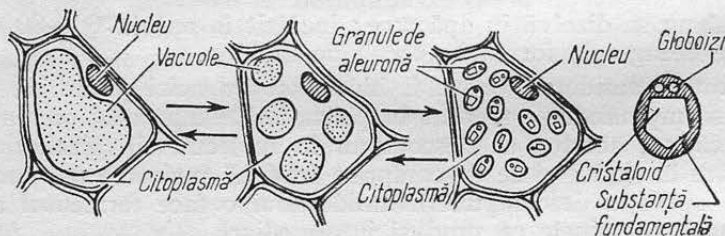


Fig. 70. Formarea grăuncioarelor de aleuronă plecînd de la vacuole, în timpul maturăției seminței (după C a m e f o r t și P a n i e l)

în celulele de soc, de mătrăgună etc. Alteori, oxalatul îmbracă forma de *cristale izolate* mari, înfățișîndu-se ca octaedri, romboedri, prisme terminate cu piramide etc. (fig. 71). În frunzele de ghiocel, în tulpina turtită de *Lemna trisulca*, în frunzele de *Aloe* sau de *Aroideae*, oxalatul de calciu apare sub forma de cristale lungi, aciculare, grupate în mănunchiuri, numite *rafide*

(fig. 72, B). În petiolul de *Begonia*, în tulpina de *Opuntia* și în celulele altor multe plante, oxalatul apare sub forma unor agregate de cristale numite *ursini* (fig. 72, A). Mai rar, pot apărea sub formă de incluziuni minerale

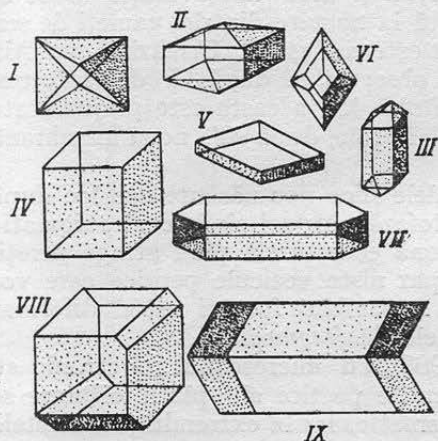


Fig. 71. Cristale de oxalat de calciu :
I-IX - diferite forme (după Molisch)

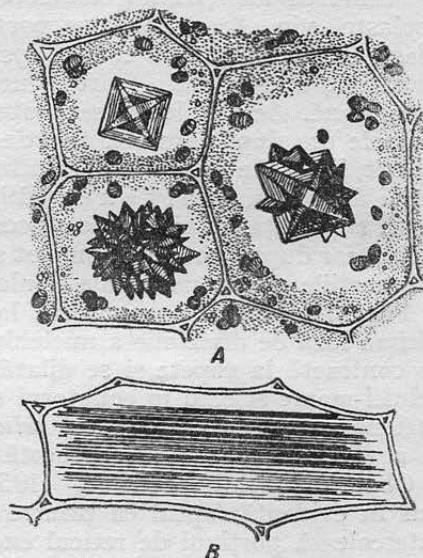


Fig. 72. Incluziuni ergastice:
A - Ursini de oxalat de calciu în celulele petiolului frunzei de *Begonia*; B - rafide din celulele de *Lemna trisulca* (după Kursanov).

și alte cristale, formate din CaSO_4 (gips), ca la alga *Closterium*, din CaCO_3 sau din SiO_2 , acestea din urmă formând *corpurile silicioase* atât de răspândite în frunzele și tulpinile gramineelor.

Alte incluziuni ergastice sînt: *uleiurile eterice*, *rășinile* și *latexurile*. Acestea vor fi studiate la capitolul țesuturi secretoare. Prezența în celulele vegetale a unor incluziuni cu enzime hidrolizante care să corespundă *lizozomilor*¹ din celula animală (corpuscule de 0,25—0,60 μ diametru, înconjurate cu o membrană proprie lipoproteică și pline cu fosfataze și alte enzime) nu este încă pe deplin dovedită.

c. Membrana celulară

Pe lângă prezența plastidelor și dezvoltarea mare a vacuomului, un alt caracter important care deosebește celula vegetală de cea animală este prezența, la primele, a unui înveliș exterior solid, numit *membrană celulară*, *membrană scheletică* sau *perete celular*.

¹ De la grec. *lysis* = topire și *soma* = corp.

Într-adevăr, cu excepția citorva *gimnoplaste*, cum sînt: plasmodiile de mixomicete, zoosporii algelor și ai unor ciuperci și gameții bărbățești ai plantelor, toate celulele vegetale sînt *dermatoplaste*, înzestrate cu un perete rigid.

Formarea membranei celulare. Membrana celulară este produsă de protoplastul viu. Acest lucru se poate dovedi dacă se scoate dintr-o celulă plasmolizată conținutul ei viu, lipsit de membrană. Punîndu-l într-o soluție nutritivă, într-un timp foarte scurt acest protoplast își va secreta o nouă membrană. Același lucru se poate observa și urmărind evoluția oului în primele ore după formare. Se știe că oul ia naștere din doi gameți de sex diferit, lipsiți de membrană, și la început este și el golaș. Urmărind evoluția oului de *Fucus*, Whitaker (1931) a observat că după 15' de la fecundație suprafața oului devine viscoasă. După 45', aceasta este pe jumătate solidă, iar după o oră este complet solidă. În fine, după 90', noua membrană dă reacțiile caracteristice ale celulozei.

Primul început de membrană la celulele fiice nou-născute are loc după ultima fază de diviziune a nucleului (telofază), atunci cînd fusul acromatic se contractă la capete și se dilată în zona ecuatorială pînă atinge pereții celulei-mame și cînd în ecuatorul său apar niște vezicule peptice care vor fuziona și vor forma o *placă celulară*. Ansamblul fusului astfel diformat și a plăcii celulare din el poartă numele de *fragmoplast*¹.

Observațiile lui Buvat (1959—1963) cu microscopul electronic au pus în evidență faptul că printre veziculele peptice ale plăcii celulare se intercalează porțiuni de reticul endoplasmatic, iar la extremitățile acestuia se concentrează alte vezicule provenite de la dictiozomi, care se integrează în placă și-i permit să se extindă pînă ce atinge pereții celulei-mame (fig. 73, a, b). Se dă numele de *membrană primitivă* acestui prim perete care desparte protoplastul celulei-mame în două.

Membrana primitivă crește, absoarbe fragmentele de reticul endoplasmatic, cu excepția celor din viitoarele plasmodesme, în cei doi protoplaști apar prin neoformare mitocondrii, proplastide și vacuole, apoi ea devine lamela mijlocie (fig. 74, lm).

Peste lamela mijlocie, protoplaștii viitoarelor două celule-fiice vor depune straturi succesive de celuloză, care vor constitui *membrana primară* (m_1). După încetarea creșterii celulare, depunerea de straturi va continua, acestea din urmă constituind *membrana secundară* (m_2).

Uneori, peste membrana secundară, se depune o pătură necelulozică, amorfă și granuloasă, care provine probabil din organite celulare degenerate, și căreia i se dă numele de *membrană terțiară*. Aceasta căptușește lumenul interior al celulei.

Așadar, în cazul cel mai complicat, membrana unei celule vegetale poate fi constituită din: *lamela mijlocie* (fosta membrană primitivă), *membrana primară* ce caracterizează celula în curs de creștere, *membrana secundară* și *membrana terțiară*, acestea din urmă formîndu-se după încetarea creșterii în lungime a celulei.

¹ De la grec. *phragmos* = gard și *plastos* = format.

Lamela mijlocie este o pătură subțire care cimentează celulele și le leagă între ele, fără a le împiedica să crească. La început formată din protide, lamela mijlocie nu întârzie să se impregneze cu substanțe pectice. Spre deosebire de păturile care i se suprapun ulterior și care sînt anizotrope, lamela mijlocie este omogenă și izotropă. Ea se poate dizolva, pe cale naturală, prin acțiunea fermentilor, sau pe cale artificială, prin fierbere cu apă, prin

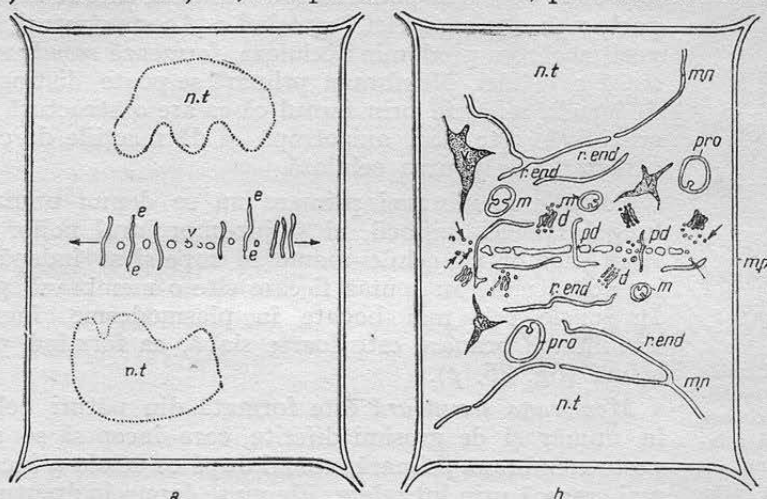


Fig. 73. Schema formării membranei primitive (după Buvat):

a — începutul formării; b — stadiu mai avansat, dar în care placa celulară încă n-a atins pereții celulei-mame:
 n.t. — nuclei telofazici; e — porțiuni de ergastoplasmă; v — vezicule pectice; m — mitocondrii; pro — proplasmide; d — dictiozomi; pd — viitoarele plasmodesme; r. end — reticul endoplasmatic; m. p — membrana plasmatică; m.n — membrana nucleară (din Nougarede, 1969).

acizi sau prin baze. Dispariția lamelei mijlocii poartă numele de *macerație* și urmarea acestui fenomen este disocierea celulelor care înainte fuseseră legate. Așa se întâmplă în cazul coacerii fructelor păstoase, la fierberea cartofilor făinoși și la „topirea” inului și cînepii.

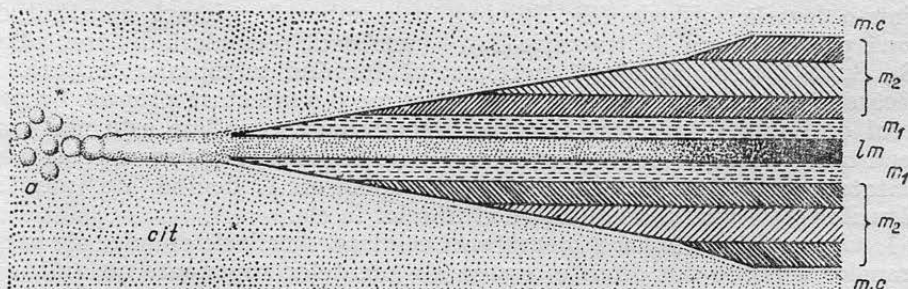


Fig. 74. Schema apariției peretelui despărțitor dintre două celule surori:

a — granulații proteice care vor forma placa celulară; lm — lamelă mijlocie; m₁ — membrană primară; m₂ — membrană secundară; mc — membrană citoplasmatică; cit — citoplasmă (după Lundegårdh).

Tot lamela mijlocie este aceea care, prin clivarea ei și îndepărtarea celor două părți de lamelă rezultate, circumscrie niște spații triunghiulare la locul de întâlnire dintre două sau mai multe celule. Acestea sînt primele *spații intercelulare* sau *meaturi* care apar într-un țesut tânăr (fig. 75).

După apariția lamelei mijlocii care separă conținutul unei celule în două, cei doi protoplaști produc o serie de polizaharide coloidale, care se depun de o

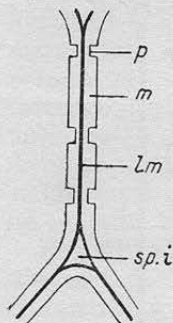


Fig. 75. Lamela mijlocie și spațiile intercelulare dintre două celule vecine:

lm — lamelă mijlocie; *m* — membrană primară; *p* — punctuațiune simplă; *sp. i* — spațiu intercelular (după Grințescu).

parte și de alta a lamelei, îngroșînd-o. Aceste straturi, în compoziția cărora predomină celuloza, formează *membrana primară* a celulei. Membrana primară se poate distinge ușor de lamela mijlocie prin faptul că ea are o structură microcristalină, este deci anizotropă și dă reacțiile de colorare caracteristice pentru celuloză.

Păturile membranei primare nu se depun numai de-a lungul lamelei mijlocii, ci și jur-împrejurul noilor celule. Apoi membrana celulei-mame se rupe și se îndepărtează, iar noile celule au acum fiecare câte o membrană proprie. În zonele cele mai bogate în plasmodesme, îngroșarea membranei primare este foarte slabă, ea formînd punctuațiuni (fig. 75, *p*).

Membrana secundară este formată din pături celulozice în număr și de grosimi diferite, care încep să se depună peste membrana primară, numai după ce celula a încetat să mai crească prin întindere. Ele nu se depun în dreptul punctuațiunilor din membrana primară, ci numai pe porțiunile dintre acestea, în așa fel încît la nivelul punctuațiunilor celulele vecine sînt despărțite numai de lamela mijlocie, străbătută și ea de plasmodesme.

Membrana secundară a celulelor vegetale, din cauza importanței sale industriale, a fost foarte amănunțit studiată în ultimul timp. Într-adevăr, ea este cea care formează materialul caracteristic al lemnului, al fibrelor textile, al fibrelor din care se fabrică hîrtia etc.

Pereții scheletici ai unei traheide de conifere, de exemplu, sînt formați dintr-o lamelă mijlocie (fig. 76, *lm*), o membrană primară constînd din două pături și una de tranziție (S_1), o membrană secundară din trei pături (S_2 , S_3 , S_4) și o căptușeală necelulozică formînd membrana terțiară. În fiecare pătură, fibrele de celuloză au o desime și o orientare proprie. La perisorul de bumbac, numărul păturilor membranei secundare este mai mare decît trei; la alte celule, el poate fi mai mic. Calitățile fibrelor vegetale (elasticitatea, extensibilitatea, rezistența la rupere etc.) depind de numărul păturilor și de modul de aranjare al fibrelor în ele.

1. Compoziția chimică a membranei celulare. Analizele chimice ale membranelor celulare din diferite organe ale plantelor superioare au arătat că acestea cuprind 66% apă și 34% substanță uscată. Dintre compușii chimici care alcătuiesc substanța uscată, domină celuloza, care însă este asociată cu un complex de alte substanțe, a căror natură și proporție depinde de materialul analizat, așa cum se vede în tabelul 4.

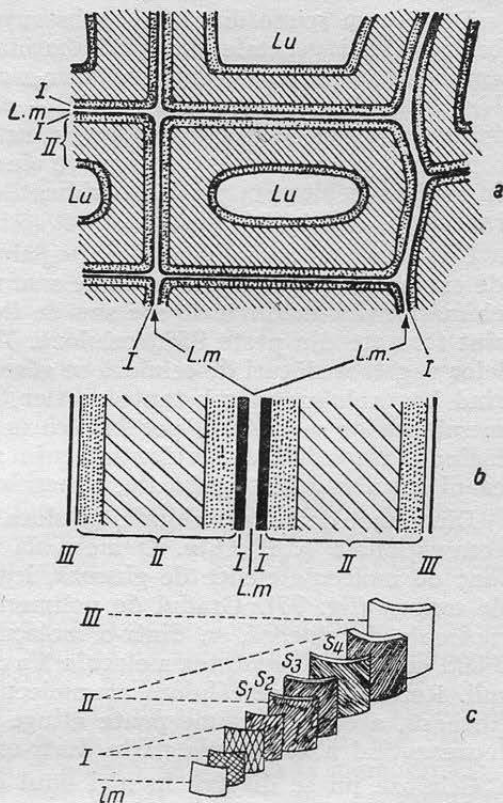


Fig. 76. Schema structurii pereților unei traheide de conifere:

a - secțiune transversală; b - secțiune longitudinală; c - diferite pături ale membranei (I, II, III) cu dispoziția fibrilelor lor. I - membrană primară; II - membrană secundară; III - membrană terțiară (după Frey-Wissling și Mühlethaler, 1965):

Lu - lumenul celulei; L.m - lamela mijlocie; S₁-S₄ - diferitele straturi ale membranei secundare. (după Nougarede, modificată)

Tabelul 4

Compoziția chimică a membranei celulare din diferite organe vegetale exprimată în % din substanța uscată (după Nougarede)

Compușii chimici	Coleoptil de porumb	Hipocotil de floarea soarelui	Tulpină de porumb	Spic de porumb	Floare de hamei	Tulpină de bambus	Alburn de pin
Celuloza	36	38	46,5	38,3	30,8	41	53,6
Polizaharide necelulozice	30	8	8,3	0,5	5,4	10	8,8
Substanțe pectice	13	46	0,3	0,5	—	—	1,0
Hemiceluloze	—	—	33,4	42,4	9,7	14	3,0
Lignină	—	8	19,5	16,7	54,1	32	26,4
Substanțe cuticulare	21	—	—	—	—	—	—
Proteine	—	—	1,9	3,2	—	—	—
Cenușă	—	—	3,5	1,4	—	—	—

După cum reiese din tabel, substanțele chimice caracteristice din membrana celulei vegetale sînt polizaharidele. Numai cîteva monozaharide, și anume: trei hexoze — *glucoza*, *galactoza* și *manoza* —, două pentoze — *arabinoza* și *xiloza* — și doi acizi uronici — *acidul galacturonic* și *acidul glucuronic* formează, prin polimerizarea lor, constituția acestor polizaharide.

Dintre polizaharidele constitutive ale membranei celulare, trei se remarcă în mod deosebit prin proporția ridicată în care se găsesc: *celuloza*, *hemice-luloza* și *substanțele pectice*.

Celuloza este componentul principal al membranei celulare. Uneori, ca de exemplu, în cazul perilor de pe semințele de bumbac, al celulelor parenchimatice din măduva de soc sau de floarea-soarelui, membranele celulare sînt formate din peste 95% celuloză. De obicei însă, în membranele celulelor vegetale alături de celuloză se găsesc și alți compuși chimici, în primul rînd hemiceluloze și substanțe pectice, dar și alte substanțe care, în cazul membranelor secundare, pot întrece în proporție celuloza și o pot masca, făcînd-o imposibil de evidențiat prin reacțiile ei caracteristice. Așa este cazul membranelor lignificate, suberificate etc.

Din punct de vedere chimic, celuloza este un polizaharid, avînd formula convențională $(C_6H_{10}O_5)_n$. O moleculă de celuloză este formată dintr-un lanț de molecule ciclice de glucoză, legate între ele glucozidic, prin punți de oxigen (fig. 77). Gradul de polimerizare, adică valoarea numărului de molecule de glucoză, n , dintr-o moleculă de celuloză, este cuprins între 5 000 și 36 000, greutatea moleculară a celulozei fiind de ordinul sutelor de mii. Rezultă deci că celuloza are molecule enorme, macromolecule, de formă fibrilară, a căror lungime poate atinge 60–75 μ (600–750 Å, 1 angström reprezentînd a zecea mîia parte dintr-un micron).

Celuloza nu se dizolvă în nici unul dintre solvenții obișnuiți, ci numai în *reactivul Schweitzer*, o soluție amoniacală de hidroxid de cupru.

Prin fierbere cu acizi concentrați, celuloza se transformă treptat în polizaharide mai simple, penultimul stadiu de hidroliză fiind bizaharidul *celo-*

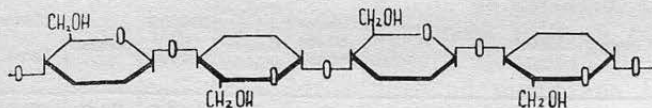


Fig. 77. Dispoziția în catene a moleculelor de glucoză dintr-o macromoleculă de celuloză (după M a x i m o v).

bioza, $C_{12}H_{22}O_{11}$, format din două molecule de glucoză. Dintre reacțiile de colorare ale celulozei, amintim următoarele 3: cu iod + SO_4H_2 , celuloza se colorează în albastru, cu cloriodură de zinc, $ZnCl_2 + I$, în violet, iar cu reactivul genevez, în roșu.

Rolul celulozei în alcătuirea membranei celulare este un rol scheletic, ea conferind rezistența mecanică a celulei. Protoplastul care a secretat celuloza n-o mai poate consuma, neavînd enzime care s-o hidrolizeze.

Hemicelulozele sînt însoțitoarele permanente ale celulozei în membranele celulare. Sînt tot polizaharide, dar mai puțin complexe, deci cu un grad de polimerizare mai scăzut. Ca urmare, ele se dizolvă ușor în soluțiile alcaline și se hidrolizează cu acizii diluați, dînd mai ales pentoze, ca: arabinoza și xiloza, sau hexoze: manoza și galactoză. Spre deosebire de celuloză, hemicelulozele pot servi și ca substanțe de rezervă, deoarece protoplastul viu produce fermenți numiți *hemicelulaze* sau *citaze*, capabile să le hidrolizeze și deci să reintre în circuitul metabolic. Astfel de hemiceluloze de rezervă se întîlnesc mai ales în endospermul semințelor, iar în sîmburii de curmal formează straturi groase și tari.

Substanțele pectice sînt, de asemenea, constituenți permanenți ai membranelor celulare, apărînd chiar în primele stadii de formare a acestora în meristeme, constituind lamelele mijlocii care leagă și cimentează celulele dintr-un țesut. Din punct de vedere chimic, substanțele pectice sînt polizaharide, reprezentînd polimerii acidului galacturonic cu arabinoza (pentoză) și galactoză (hexoză), legați tot prin punți de oxigen. Sub numele colectiv de substanțe pectice se înțeleg de fapt trei compuși distincți: *acidul pectic*, insolubil în apă, care poate forma săruri numite *pectați*; *pectina*, care se poate îmbiba puternic cu apă, umflîndu-se și devenind mucilaginoasă, și *pectoza*, insolubilă, cea mai complexă dintre ele, probabil alcătuiind o combinație între pectină și celuloză.

Substanțele pectice se dispun sub formă amorfă în membrană, fiind izotrope. Reacția de colorare caracteristică se obține cu roșul de ruteniu, care, în prezența acidului acetic, le colorează în roșu intens.

Ca și celuloza, substanțele pectice joacă un rol scheletic în membrană. Protoplastul n-are enzime care să le hidrolizeze, așa încît nici ele nu reintră în circuitul metabolic după ce o dată s-au depus în membrană.

2. Structura submicroscopică a membranei. Prin structura submicroscopică a membranei celulare se înțelege modul cum sînt dispuse în membrană elementele ei constitutive, adică microfibrilele de celuloză.

Mijloacele moderne de cercetare, ca aplicarea microscopiei polarizante, a roentghenografiei și mai ales a microscopiei electronice la studiul membranei, au permis să ne facem o imagine destul de exactă asupra modului cum se dispune materia în intimitatea acestui organit.

Masa fundamentală a membranei constă dintr-o materie amorfă, formată din hemiceluloze, substanțe pectice, apă și alte substanțe dizolvate în ea. În această masă sînt înglobate elementele figurate ale structurii membranei, și anume macromoleculele de celuloză grupate în micle și micle asociate în microfibrile (fig. 78).

Miclele, numite încă și *cristalite* din cauza structurii lor cristaline și a anizotropiei lor, sînt fascicule mari, tridimensionale, formate din înmănuncherea a pînă la 100 de macromolecule de celuloză, între care se găsesc spații intramicelare numeroase.

Microfibrilele sînt formațiuni supramicelare alcătuite din mănunchiuri de cîte 15—25 de micle, a căror grosime poate ajunge la 250—300 Å și între care se găsesc spații destul de largi (pînă la 10 Å), constituind adevărate

Fig. 79. Secțiune transversală prin membrana unei celule meristemice din petiolul tânăr al frunzei de ricin. Textură reticulară, cu numeroși pori, pe unde trec plasmodesmele (după Mühlethaler, din Strasburger).

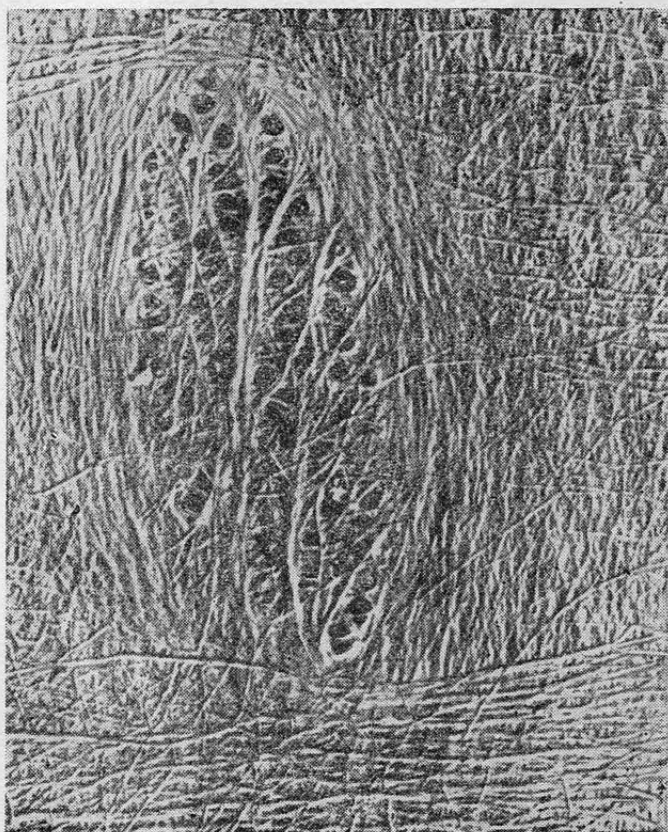
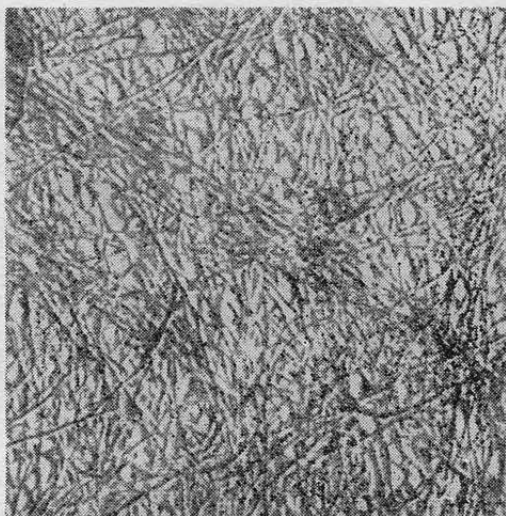


Fig. 80. Trecerea de la structura reticulară a membranei primare la cea paralelă a membranei secundare din celulele coleoptilului de *Avena*. Punctuațiunile mari primare au fost și ele întărite de fibrile secundare (după Böhrer din Huber).

microcapilare. Microfibrilele reprezintă adevăratele elemente de structură ale membranei celulozice.

În membranele primare, microfibrilele se dispun în mod regulat, într-o țesătură laxă, cu microfibrilele încrucișate (fig. 79), în nici un caz nu paralele, așa cum s-a crezut mai înainte.

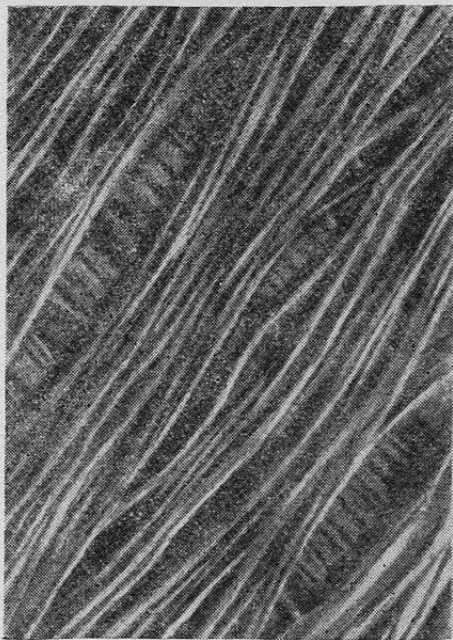


Fig. 81. Structura membranei secundare a unei celule de *Valonia* cu fibrilele de celuloză orientate paralel. Direcția fibrilelor se schimbă în diferite straturi succesive, după un anumit unghi (după Steward și Mühlenthaler, din Strasburger).

În schimb, în membrana secundară, microfibrilele sînt orientate paralel (fig. 80), diferitele straturi succesive avînd microfibrilele dispuse în direcții care se întretaie după anumite unghiuri precise (fig. 81). În general, după modul cum sînt orientate fibrilele în membranele secundare, se poate distinge: o *structură fibrilară*, cînd acestea sînt așezate paralel cu axa longitudinală a celulei, ca la in, cîneapă, ramie etc.; o *structură inelară*, ca în cazul traheelor și traheidelor inelate; o *structură spiralată*, așa cum se prezintă la fibrele lemnoase și-n traheidele coniferelor (fig. 82, A — D).

Întreg ansamblul de microfibrile adăpostește o mulțime de spații care alcătuiesc un *sistem complicat de microcapilare*. Spațiile intermicelare sînt mici (diametrul pînă la 10 Å) și în ele pot pătrunde numai moleculele de apă și substanțele dizolvate în apă, pe cînd în spațiile *interfibrilare*, mult mai mari (pînă la 100 Å diametru), pot pătrunde și alte molecule mai

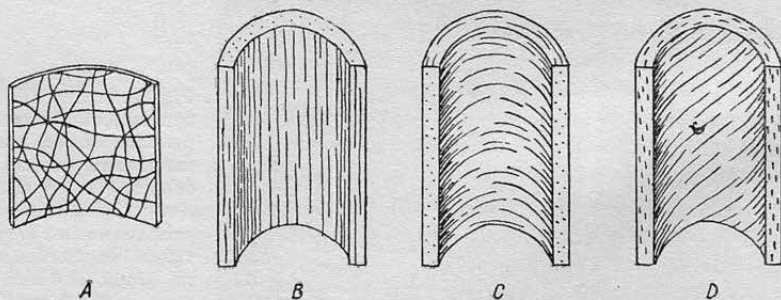


Fig. 82. Schemă privind direcția fibrilelor de celuloză în diverse membrane: A — structură reticulară a membranei primare; B—D — structura paralelă a membranei secundare; B — structură fibrilară; C — structură inelară; D — structură spiralată (după Stocker).

mari, ca cele de lignină, suberină etc., precum și diverticuli de citoplasmă producătoare de celuloză.

Cu o structură ca cea descrisă mai sus, ne putem explica atât anizotropia membranei, cât și proprietățile ei fizice și optice, și mai ales putem înțelege creșterea acesteia.

3. Creșterea membranei celulare. Se știe că celulele tinere, atunci când iau naștere din diviziunea oului sau a celulelor inițiale, sînt uniforme, pline cu citoplasmă și mult mai mici decît celulele mature ale uneia și aceleiași plante. În decursul dezvoltării lor, celulele cresc pînă ce ajung la dimensiunile caracteristice unui anumit țesut. Concomitent cu creșterea celulei are loc și creșterea membranei sale. Membranele celulare cresc atât în suprafață, cât și în grosime.

Creșterea în suprafață a membranei celulare se face prin *intussuscepțiune*¹, adică prin intercalarea de microfibrile noi, produse de protoplast, printre cele vechi, preexistente. Procesul intussuscepțiunii are loc în anumite zone din organele plantelor, numite *zone de creștere prin întindere*. Asupra celulelor care cresc își exercită acțiunea o serie de fitohormoni din grupa auxinelor, mai concentrate în aceste zone și care măresc plasticitatea membranelor. Prin intussuscepțiune cresc numai membranele primare. Fenomenul nu se desfășoară în mod uniform la toate celulele, ci diferit. În cazul când celulele cresc foarte rapid, ca, de exemplu, filamentele staminelor de orez, care pot crește cu 42 μ pe secundă, sau al perilor radiculari, are loc o creștere simultană a întregii suprafețe a membranei; în alte cazuri, însă, creșterea membranei poate avea loc numai la un capăt sau numai la ambele capete ale celulei. Pe măsură ce celulele se apropie de mărimea normală, creșterea membranei lor se face tot mai încet, deoarece noile microfibrile de celuloză intercalate printre cele vechi întăresc tot mai mult membrana și-i scad plasticitatea. O celulă matură își are dimensiunile normale, membrana ei primară își încetează creșterea în suprafață, forma și mărimea celulei nu se mai schimbă. O asemenea celulă însă poate suferi mai departe un proces de diferențiere sau specializare celulară, în decursul căruia peste membrana ei primară se depun noi pături de diferite substanțe chimice, celula dobîndind o membrană secundară.

Membranele secundare ale celulelor nu mai cresc în suprafață, în schimb sînt capabile de creștere în grosime.

Creșterea în grosime a membranei celulare se face prin suprapunerea de noi straturi de celuloză secretate de protoplast, peste cele vechi. Acest proces poartă numele de *apozitiune*. Depunerea de noi straturi se poate face uniform, pe toate laturile membranei, ca la sclereide (fig. 83), numai pe o latură, ca în cazul celulelor epidermice, sau numai la colțurile membranei, ca în cazul fibrelor de colenchim (fig. 84). Despre îngroșările caracteristice ale vaselor lemnoase se va trata la țesutul respectiv. Toate felurile de îngroșări amintite au loc în sens *centripet*, adică noile straturi se dispun de la exte-

¹ De la latin. *intus* = înăuntru și *suscipere* = a lua.

rior către interiorul celulei. În mod excepțional, în cazul sporilor și grăuncioarelor de polen, care iau naștere în sânul unui țesut special nutritiv numit *periplasmodiu*, îngroșările pot avea loc și centrifug și ele formează diferitele ornamente ale membranei sporilor și polenului.

Punctuațiunile membranei celulare. În decursul îngroșării membranei prin apozițiune, din loc în loc rămân porțiuni microscopice de membrană neîn-

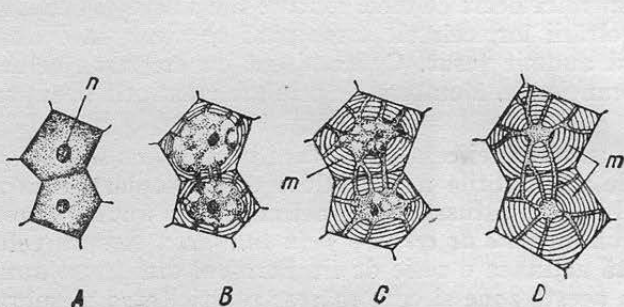


Fig. 83. Diferite faze (A — D) ale îngroșării prin apozițiune a membranei fibrelor de sclerenchim:

n — nucleu; m — pături ale membranei (după Bonnier).

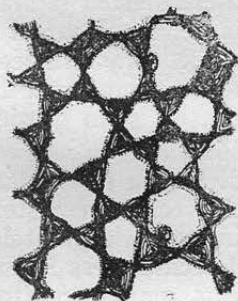


Fig. 84. Secțiune transversală prin colenchim unghiular dintr-o tulpină de dovleac (după Strasburger).

groșate, prin care trec plasmodesmele și care înlesnesc schimburile de substanțe dintre celulele vecine. Astfel de locuri rămase subțiri într-o membrană secundară îngroșată poartă numele de *punctuațiuni*. Ele pot fi de două feluri: *simple* și *areolate*.

Punctuațiunile simple se întâlnesc mai ales în membranele parenchimurilor. Văzute din față, aceste punctuațiuni apar la microscop ca niște arii circulare, ovale sau în formă de butonieră. În secțiune, ele apar ca niște microtuneluri cilindrice, care străbat grosimea membranei. Punctuațiunile din membranele celulelor vecine sînt perfect corespondente, fiind situate una în continuarea celeilalte, despărțite numai de lamela mijlocie perforată (fig. 85). Astfel de punctuațiuni se văd în măduva de soc, în măduva de *Clematis* (curpăn) etc.

Punctuațiunile areolate se întâlnesc în special în pereții traheidelor coniferelor și au o alcătuire ceva mai complicată. Văzute din față, ele apar ca două cercuri concentrice: un cerc mare reprezentînd baza punctuațiunii și altul mai mic, la interior, reprezentînd orificiul punctuațiunii. Pe secțiune transversală se poate observa că punctuațiunea este un spațiu lenticular, mărginit de membrana secundară care se îndepărtează de lamela mijlocie, formînd un fel de streșini. Mijlocul punctuațiunii este străbătut de lamela mijlocie, care are în centru o îngroșare suberoasă numită *torus* (fig. 86). Dacă ne imaginăm două sticle de ceasornic puse față în față, perforate în partea centrală, între care se află o foaie

de hîrtie îngroșată în mijloc, ne-am făcut o idee destul de exactă despre înfățișarea în spațiu a unei punctuațiuni areolate.

Încheind considerațiunile asupra membranei celulare, vom sublinia că acest organit, deși secretat de protoplastul viu, este format din alte substanțe decît protoplastul. Membrana celulară ia naștere prin neoformare, nu este sensibilă, nu are substanțe active și nu participă la metabolism, care constituie funcția esențială a materiei vii. Pentru aceste considerații, membrana este calificată ca un organit neviu al celei, alături de vacuom și de incluziunile ergastice. Dar, ca și ceilalți constituenți nevii, membrana îndeplinește o serie de funcțiuni foarte importante pentru celula vie, ca funcția de apărare a protoplastului și funcția de schelet de susținere a plantelor. Membrana mai joacă rol în permeabilitatea și turgescența celulelor, rol de transport al unor soluții care pot trece prin membrană, precum și rol în depozitarea unor materii de rezervă. Prin punctuațiunile și canaliculele sale, membrana permite trecerea plasmodesmelor de la o celulă la alta și realizarea integrității fiziologice a organismelor pluricelulare.

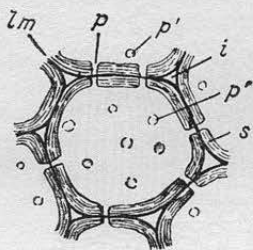


Fig. 85. Punctuațiuni simple în membrana celulelor din măduva de *Clematis*:
p — punctuațiune în secțiune;
p' — aceeași văzută din față;
i — spațiu intercelular;
s — membrană secundară;
lm — lamelă mijlocie (după Stocker).

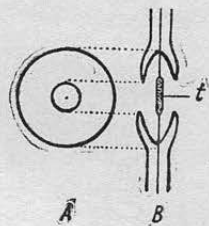


Fig. 86. Punctuațiune areolată din lemnul de conifere (schematic):
A — văzută din față: *cercul mic* — orificiul punctuațiunii; *cercul mare* — baza punctuațiunii; *B* — văzută în secțiune: *t* — torus (după Strasburger).

4. Modificări secundare ale membranei celulozice. Cu ocazia diferențierii sau a specializării celulelor la îndeplinirea anumitor funcțiuni, membrana celulozică primară își schimbă adesea profund compoziția, structura și funcțiunile. În plus, peste și în membrana primară se pot depune noi straturi de substanțe scheletice secretate de protoplast, cu o altă compoziție și structură, și care formează membrana secundară. Asemenea schimbări pe care le suferă membrana celulelor în decursul dezvoltării acestora poartă numele de *modificări secundare* ale membranei celulozice.

Dintre numeroasele modificări secundare, cele mai frecvente sînt următoarele: cerificarea, mineralizarea, cutinizarea, lignificarea, suberificarea, gelificarea și lichefierea.

a) *Cerificarea* este o modificare secundară puțin profundă, care se întîlnește mai ales la membranele celulelor epidermice și constă în acoperirea acestora cu un strat de ceară mai mult sau mai puțin gros, făcîndu-le impermeabile pentru apă. Ceara produsă în protoplast este, de regulă, exsudată la suprafața celulelor și acoperă epiderma multor fructe (mere, prune, struguri), frunze (brad, varză) sau tulpini (trestia-de-zahăr, palmieri-de-ceară) etc. Mai nou, cerurile au putut fi puse în evidență și

în membranele altor țesuturi, ca meristeme, parenchimuri tinere, precum și în membranele cutinizate și suberificate.

Stratul de ceară de pe tulpina de trestie-de-zahăr apare la microscop ca format din perișori dispuși perpendicular pe epidermă (fig. 87), pe cînd ceara palmierului *Klopstockia cerifera* apare sub forma unor plăci groase, pluristratificate (fig. 88).

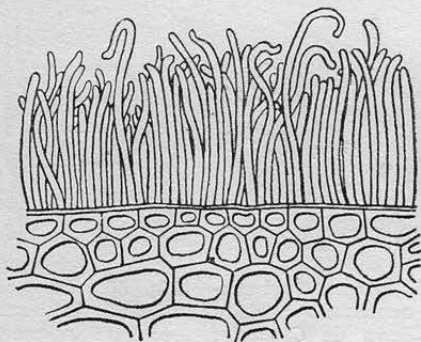


Fig. 87. Secțiune transversală prin tulpina de trestie-de-zahăr. Ceara este dispusă sub formă de firisoare perpendiculare pe epidermă (după Grințescu).

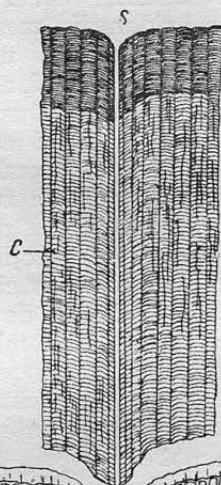
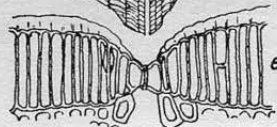


Fig. 88. Secțiune transversală prin epiderma palmierului-de ceară, *Klopstockia cerifera*:

e — epidermă; S — stomată; C — strat gros de ceară străbătut de canalicule prin care stomatele comunică cu exteriorul (după Guillaumon).



b) *Mineralizarea* constă în încrustarea membranei celulare cu substanțe minerale, dintre care cele mai frecvente la plante sînt bioxidul de siliciu (SiO_2) și carbonatul de calciu (CaCO_3). Bioxidul de siliciu se găsește în cantități așa de mari în membranele celulare ale unor plante, ca: paiele de grâu, tulpinile de coada-calului, valvele de diatomee etc., încît prin arderea acestor organe, imaginea lor rămîne intactă în cenușa formată numai de SiO_2 și permite recunoașterea plantelor sau a organelor respective. Asemenea imagini de cenușă poartă numele de *spodograme*¹ (fig. 89). Carbonatul de calciu încrustează membranele unor alge calcaroase, cum sînt *Corallina*, *Lithothamnium*, ale unor alge verzi, cum este *Chara*, iar dintre plantele superioare au membrane încrustate cu calcar multe boraginacee, cucurbitacee și crucifere. La *Ficus* și alte moracee, calcarul impregnează niște excrescențe interne ale membranelor celulozice, formînd concrețiuni în formă de ciorchine, numite *cistoliti*² (fig. 90). Membranele epi-

¹ De la grec. *spodos* = cenușă.

² De la grec. *cystos* = bășică și *lithos* = piatră.

dermice ale unor specii de *Sempervivum* pot fi încrustate cu oxalat de calciu, cele ale unor bacterii (ferobacterii) cu fier.

c) *Cutinizarea* constă în acoperirea suprafeței celulelor epidermice cu o substanță de natură grasă, numită *cutină*, pe care o produce protoplastul și o exsudează la exterior sau, la unele specii, o depune și în grosimea pereților celulelor epidermice. Stratul continuu de cutină care aco-

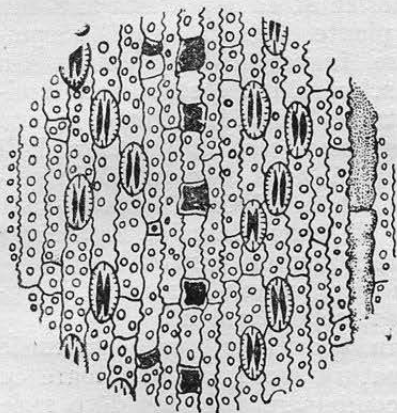


Fig. 89. Spodograma tulpinii de *Bambusa*. Se văd stomate, celule scurte, pline cu SiO_2 și pereții sinuoși ai celulelor epidermice (după Kursanov).

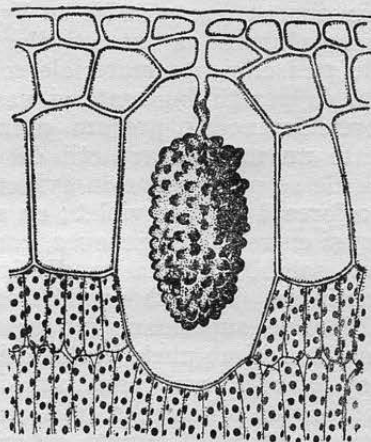


Fig. 90. Cistolit de CaCO_3 în frunza de *Ficus* (după Troll).

peră epiderma organelor tinere se numește *cuticulă* (fig. 91). Cutina este foarte puțin permeabilă, iar când este amestecată cu ceară, ca în cazul tulpinilor și frunzelor plantelor *xerofite*¹, ea devine impermeabilă și transpirația cuticulară la astfel de plante nu mai are loc. Reactivii grăsimilor colorează membranele cutinizate în roșu. Cuticula absoarbe radiațiile ultraviolete, protejând protoplastul de acțiunea nocivă a acestora.

d) *Lignificarea* este una din cele mai importante modificări secundare ale membranei celulozice de la plantele superioare, lipsind la plantele inferioare. Ea constă în impregnarea membranelor celulozice cu

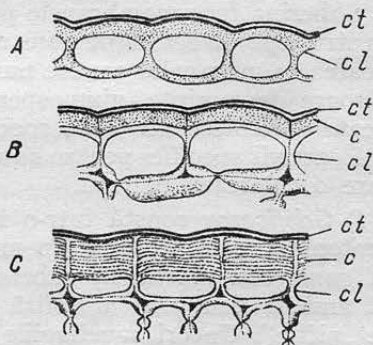


Fig. 91. Cutinizarea membranelor celulelor epidermice:

A — la *Dianthus*; B — la *Cereus*; C — la *Kleinia*; ct — cuticulă; c — perete celulozic cutinizat; cl — membrană de celuloză necutinizată (după Stocker).

¹ De la grec. *xeros* = uscăciune și *phyton* = plantă.

lignină, un amestec de substanțe organice cu funcțiuni aldehydice, a cărei compoziție chimică nu se cunoaște bine. Se pare că lignina ia naștere în plantă prin polimerizarea unui alcool — coniferolul —, prin polimerizări și hidrogenări succesive ale acestuia, sub acțiunea unor enzime. Lignina este produsă de protoplast și se infiltrează în interstițiile membranei celulozice, înconjurând microfibrilele și cimentându-le, așa cum betonul armat își are vergelele metalice (comparabile cu microfibrilele de celuloză) legate prin ciment (comparabil cu lignina). Lignina deci constituie un „material de umplură” a interstițiilor rețelei celulozice și ea reprezintă unul din cele mai eficiente materiale scheletice din plante. Lignina se află răspândită în pereții îngroșați ai vaselor lemnoase, în parenchimul lemnos și-n fibrele lemnoase, precum și în fibrele de sclerenchim. Membranele lignificate nu mai dau reacții de colorare pentru celuloză. În schimb, lignina din ele se poate pune în evidență cu: floroglucina, care în prezența HCl o colorează în roșu-violet; cu sulfatul de anilină, care o colorează în galben și cu reactivul genevez, care o colorează tot în galben. Compus foarte greu solubil, lignina se dizolvă în bisulfit de calciu la cald. Pe această reacție se bazează purificarea celulozei la fabricarea hârtiei.

Plantele superioare nu posedă fermenți capabili să descompună lignina, în schimb unele bacterii și ciuperci au asemenea fermenți.

e) *Suberificarea* constă în depunerea prin apozițiune, peste straturile membranei primare, a unei substanțe de natură grasă, asemănătoare cu cutina, substanță numită *suberină*. Prin descompunere, suberina dă o serie de acizi grași, ca acidul felonic, suberic, fleomic etc. În membrane, suberina se depune sub forma unor lamele stratificate. Fierite cu KOH, membranele suberificate produc o spumă densă, care reprezintă săpunul născut din baze și acizii grași.

Suberina face membranele peste care se depune elastice și impermeabile pentru apă și aer, fapt care are drept urmare moartea celulelor. Suberificarea membranelor are loc numai la spermatofite, adică la plantele producătoare de semințe, gimnosperme și angiosperme, la care celulele suberificate alcătuiesc un țesut special de apărare, numit *suber* sau *plută*.

Reactivii specifici pentru suberină sînt tinctura de alcana și Sudanul III, care o colorează în roșu.

f) *Gelificarea* constă într-o hipersecreție de substanțe pectice de către protoplast, care se depun în membrane, se umflă cu apă și se transformă în *gume* sau *mucilagii*, substanțe greu de deosebit una de alta, pentru că ambele dau prin hidroliză pentoze și hexoze și ambele au un aspect de „piftie”. Uneori, mucilagiile se găsesc localizate în celule speciale, mucilagigene (ca la nalbă), altele ele se găsesc în cantități mari în spațiile intercelulare (ca la multe alge roșii). Gumele se produc mai ales prin gelificarea membranelor celulare din cauze patologice sau ca urmare a unor răniri, ca guma de prun, cireș etc. Guma arabică provine din gelificarea celulelor de *Acacia verek*, sub influența rănilor.

g) *Lichefierea* este fenomenul dizolvării și al dispariției fără urmă a membranelor celulare, care se petrece uneori, deși celula vegetală este

lipsită de fermenți celulolitici. Astfel, traheele și unele laticifere iau naștere prin dizolvarea pereților dintre celulele suprapuse. La fel, în procesul de formare al spațiilor intercelulare pe cale lisigenă, are loc dizolvarea membranelor celulare. De asemenea, celulele gîtului arhegonului se dizolvă atunci cînd oosfera este matură. În toate aceste cazuri rare, dizolvarea membranelor se face cu ajutorul fermenților.

8. ÎNMULȚIREA CELULELOR

Înmulțirea este o proprietate fundamentală a materiei vii. Înmulțirea celulelor se face prin *diviziune* și este precedată de o creștere a lor. Această creștere este o consecință a proprietății celulei de a încorpora din afară substanțele străine și a le transforma în substanțe proprii. Cînd dimensiunile unei celule au crescut mult peste cele normale, volumul crește relativ mai mult decît suprafața. Această rămînere în urmă a suprafeței față de volum duce la imposibilitatea acesteia de a mai face față schimburilor de substanțe dintre celulă și mediu. Prin diviziune se restabilește raportul normal dintre volumele și suprafețele celulelor nou născute.

La plantele unicelulare, diviziunea celulei duce la înmulțirea lor. La plantele pluricelulare, diviziunea celulelor duce la o creștere în lungime și mai ales în grosime a organelor. Modul de diviziune a celulelor variază destul de mult în cadrul diferitelor încrengături de plante și va fi studiat odată cu încrengăturile respective, în cadrul botanicii sistematice.

În general, toate aceste moduri de diviziune a celulelor se pot reduce la două tipuri principale, și anume: *diviziunea directă* și *diviziunea indirectă* a nucleului lor, urmată de diviziunea celulei.

a. Diviziunea directă

Diviziunea directă a nucleului, numită *amitoză*¹, este destul de rar întîlnită la plantele superioare, cele mai multe cazuri de astfel de diviziuni citate în literatura botanică mai veche dovedindu-se a fi tot diviziuni indirecte, mai greu de observat.

Adevărate amitoze pot fi observate numai în țesuturi vegetale alcătuite din celule bătrîne, pe cale de degenerare: celule canceroase, gale, celulele stratului tapet din stamine, culturi de țesuturi pe medii nefavorabile etc. Într-adevăr, simpla fragmentare a nucleului nu poate asigura repartizarea echivalentă a cromatinei în nucleii-fii și, deci, nu poate asigura menținerea caracterelor ereditare la urmași.

În cazul diviziunii directe, nucleul celulei-mamă se alungește și se gîtuie la mijloc, luînd aspectul unei haltere. Același fenomen îl suferă și celula

¹ De la grec. *a* = privativ, fără, și *mitos* = filament.

(fig. 92). Gîuitura se tot adînceşte, partea mijlocie a celulei se tot subţiază, pînă cînd, în cele din urmă, se rupe în două celule-fiice, fiecare cu cîte un nucleu. În acest mod de diviziune, atît nucleul cît şi celula se divid simultan, de unde şi numele de diviziune directă ce i s-a dat. Numele de amitoză s-a atribuit acestui fenomen din cauză că, în decursul diviziunii nucleului, în sînul acestuia nu s-au produs figuri caracteristice şi nu şi-a făcut apariţia filamentul nuclear.

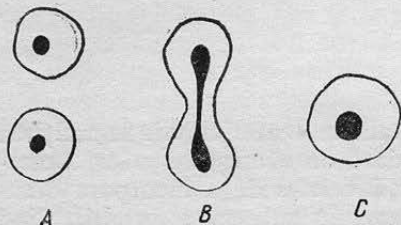


Fig. 92. Schema diviziunii directe a celulei (amitoză):

A, B, C — stadii succesive ale procesului (după Guilliermond).

b. Diviziunea indirectă

Diviziunea indirectă a nucleului, numită încă *mitoză*¹ şi *cariocineză*², este tipul normal şi general după care se înmulţesc toate celulele plantelor superioare şi majoritatea celulelor plantelor inferioare. Diviziunea se numeşte *indirectă* deoarece în primul rînd se divide

nucleul şi numai ulterior se divide şi celula. Chiar de la începutul procesului în sînul nucleului au loc o seamă de mişcări spectaculoase, de unde şi numele de cariocineză ce i s-a mai dat. O figură caracteristică a diviziunii indirecte este apariţia filamentului nuclear, de unde şi numele de mitoză dat acestui mod de diviziune.

La rîndul ei, diviziunea indirectă poate fi de două feluri: *tipică* sau *ecuaţională* şi *allotipică* sau *reducţională*.

1 **Cariocineza tipică.** Se numeşte astfel, deoarece toate celulele plantelor superioare — cu excepţia celulelor-mame ale sporilor şi gameţilor — se divid în acest mod. Diviziunea aceasta se mai numeşte şi *ecuaţională*³, deoarece cele două celule-fiice care rezultă din diviziunea unei celule-mame au acelaşi număr de cromozomi ca şi aceasta.

Un material potrivit pentru studiul cariocinezei îl constituie vîrfurile de rădăcini în secţiune longitudinală, după fixare şi colorare. Figurile care se observă în astfel de preparate pot fi comparate cu cele ce se văd pe viu în perii staminali de *Tradescantia* sau în stigmatetele florilor de graminee.

Procesul diviziunii celulare se desfăşoară continuu, fără pauze sau întreruperi, într-un timp variabil, cuprins la plante între 30 min. şi 2 ore. Pentru sistematizare şi o mai uşoară reţinere a succesiunii figurilor, Strasburger (1884) le-a subîmpărţit în patru faze, şi anume: *profaza*, *metafaza*, *anafaza* şi *telofaza*.

¹ De la grec. *mitos* = fir, filament.

² De la grec. *karyon* = nucleu şi *kinesis* = mişcare.

³ De la latin. *aequatio* = egalitate

a) *Profaza*¹ este prima și cea mai lungă etapă a cariocinezei, caracterizată în primul rând prin apariția în decursul ei a unor formațiuni intens colorabile în nucleu, numite *cromozomi*². Schimbările din nucleu care duc la formarea cromozomilor diferă după tipul nucleului. În cazul nucleilor reticulați, rețeaua de cromatină se destramă, dând naștere la o serie de fire spiralate, care se scurtează încetul cu încetul și se îngroașă formînd cromozomii, care nu întîrzie să se despică în lung (fig. 93, A-E). Nucleul se contractă și elimină la cei doi poli ai săi substanța care va constitui *calotele polare*. În cazul nucleilor cu procromozomi, fiecare din aceste corpuscule se alungește, ia forma de bastonaș, transformîndu-se în cromozomi, care imediat se despică longitudinal în două (fig. 94, A-D).

Alte momente din profază, în afară de apariția cromozomilor, mai sînt: micșorarea și dispariția nucleolului sau nucleolilor, dispariția membranei nucleare și amestecul cariolimfei cu citoplasma, apariția la cei doi poli ai celulei a unor fire care pleacă de la cele două calote polare și se întind ca niște meridiane spre centrul celulei, fără însă să se atingă încă. La sfîrșitul profazei deci, nucleul a dispărut din celulă ca organit figurat, fiind reprezentat numai prin cromozomi, alcătuiți fiecare din cîte două jumătăți egale numite *cromatide*.

b) *Metafaza*³ este faza a doua a cariocinezei. Aceasta este cea mai scurtă dintre cele patru faze. În decursul ei sînt de semnalat doar trei momente mai importante: desăvîrșirea fusului, aranjarea regulată a cromozomilor pe fus în regiunea ecuatorială și separarea celor două cromatide ale fiecărui cromozom.

Fusul acromatic, numit adesea și *fus nuclear*, deși la constituția firelor sale pare a lua parte și citoplasma (după cercetări recente se pare că fusul îl formează numai citoplasma singură), este ansamblul firelor amintite, care la celulele înzestrate cu centru celular pleacă de pe cei doi centro-

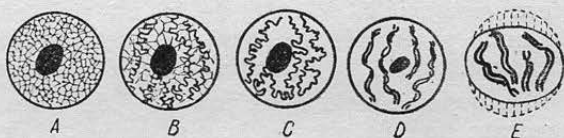


Fig. 93. Figuri de profaza cariocinezei unei celule cu nucleu de tip reticulat:

A-E — schimbări succesive ce se petrec în nucleu (după Guilliermond)

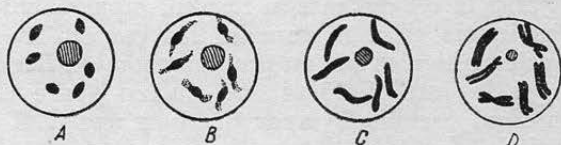


Fig. 94. Succesiunea schimbărilor care se petrec în profază în nucleul cu procromozomi (areticulat) (după Guilliermond).

¹ De la grec. *pro* = anterior, *phasis* = fază.

² De la grec. *chroma* = culoare și *soma* = corp.

³ De la grec. *meta* = după și *phasis* = fază.

zomi aflați în această fază la polii celulei, iar la celulele fără centrozomi — așa cum sînt celulele plantelor superioare — ele pleacă de la calotele polare. Figura se numește „fus” deoarece este ascuțită la capete și umflată la ecuator, iar „acromatic” deoarece firele lui nu se colorează.

Cromozomii care în profază pluteau liberi în celulă acum se așază regulat la ecuatorul fusului, fiecare cromozom lipindu-se de cîte un fir printr-o porțiune specială a sa numită *centromer*, și formînd figura numită *placa ecuatorială*. Văzută de la un pol, această figură apare ca o stea, de unde și numele de *aster*¹ ce i se mai dă (fig. 95, 4). Ultimul act din metafază constă în dezlipirea celor două cromatide ale fiecărui cromozom.

c) *Anafaza*². Cele două jumătăți de cromozomi sau cromatide, complet separate una de alta în faza precedentă, de acum înainte poartă numele de *cromozomii-fii* și, sub influența unor factori încă incomplet cunoscuți, alunecă pe firele fusului spre polii opuși, cu centromerul înaintea, ca și cum ar fi atrași spre aceștia. În drumul lor, cromozomii-fii pot alcătui cîte o stea spre fiecare capăt al fusului, figură numită *diaster* (fig. 95, 5, 6).

d) *Telofaza*³ este ultima etapă, cu care se încheie diviziunea nucleului. Ajunși la cei doi poli ai fusului, cromozomii se ating, apoi suferă un proces invers celui la care au fost supuși în profază, reconstituind cîte un nucleu reticulat sau cu procromozomi la fiecare capăt al celulei (fig. 95, 7, 8). Apoi în jurul fiecărui nou nucleu apare cîte o membrană nucleară, iar în sinul cariolimfei apar din nou nucleolul sau nucleolii în număr caracteristic.

După desăvîrșirea cariochinezei, care a avut drept rezultat formarea a doi nuclei într-o celulă, urmează apariția unei membrane despărțitoare, care să împartă fosta celulă unică în două celule. Acest proces poartă numele de *citocineză* sau *citodiereză*⁴ (fig. 95, 8, 9). La plantele superioare, membrana despărțitoare apare sub forma unor îngroșări ale firelor fusului, îngroșări care se ating în regiunea ecuatorială, fuzionează și formează un perete proteic ce înaintează centrifug, pînă atinge membrana vechii celule, numit *fragmoplast*⁵.

În cadrul fragmoplastului apare o *placă celulară* (*p.c.* din fig. 95, 8), formată din vezicule provenite de la dictiozomi, care fuzionează între ele și formează un perete ce se întinde de la centrul fragmoplastului pînă ce atinge pereții celulei-mame. Peste placa celulară, celulele-fiice vor depune *lamela mijlocie*, iar peste ea se vor depune membranele primare ale celor două celule. La plantele inferioare, începutul membranei despărțitoare are loc pe pereții celulei-mame, sub forma unui inel circular așezat în regiunea ecuatorială a acesteia, inel ce progresează centripet pînă se închide și devine o lamă, așa cum se închide diafragma microscopului, divizînd celula în două.

¹ De la latin. *astrum* = stea.

² De la grec. *ana* = în sus și *phasis* = fază.

³ De la grec. *telos* = departe și *phasis* = fază.

⁴ De la grec. *diereis* = separare.

⁵ De la grec. *phragmos* = gard și *plastos* = format.

În timpul formării peretelui despărțitor, se împart între cele două celule și ceilalți constituenți vii, care între timp au suferit și ei diviziuni (plastide, condriozomi). Protoplastul celor două celule secretă membrana primară, care nu numai că se depune de o parte și de alta a lamelei mijlocii nou formate, ci înconjură și fiecare celulă-fiică. Apoi, primul perete celulozic al celei-mame se rupe, iar cele două celule-fiice au membrane proprii, care

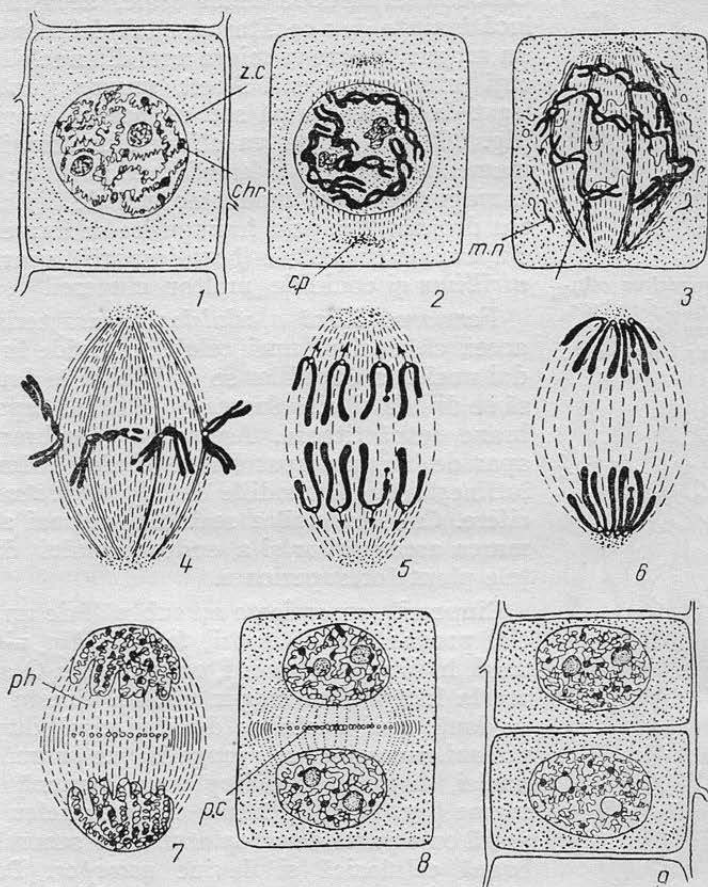


Fig. 95. Schema principalelor faze ale cariocinezei într-o celulă vegetală :
1, 2, 3 — profaza; 4 — metafaza; 5 — începutul și 6 — sfârșitul anafazei; 7, 8 — telofaza;
9 — citocineza: z.c. — zona clară; chr — cromocentre; c.p. — calote polare;
m.n. — membrana nucleară; ph — fragmoplast; p.c. — placa celulară
(după Buvat, 1969).

încep să crească în suprafață și în grosime, pînă cînd celulele-fiice își ating dimensiunile caracteristice speciei și țesutului din care fac parte.

Cîteva variante de cariocineză. Mersul cariocinezei descris mai înainte este caracteristic pentru majoritatea covârșitoare

a celulelor vegetale. Există însă și unele excepții, și anume celule care, în diviziunea lor, nu urmează întocmai drumul obișnuit al celor patru faze. Dintre variantele de cariocineză mai frecvente în natură vom analiza două, și anume înmugurirea și formarea liberă a celulelor.

Înmugurirea este un mod de diviziune celulară foarte frecvent la ciuperci, caracterizat prin aceea că în loc ca celula-mamă să se dividă la sfârșitul

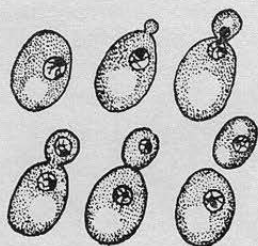


Fig. 96. Înmugurirea celulelor de drojdie-de bere, *Saccharomyces cerevisiae* (după Strasburger).

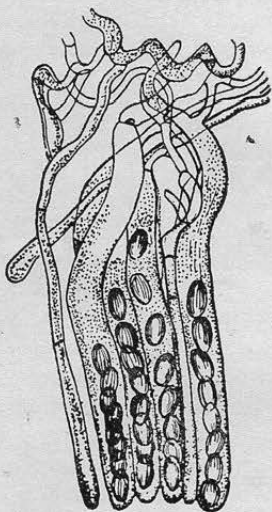


Fig. 97. Formarea liberă a ascosporilor (după Strasburger).

cariocinezei în două celule egale, aceasta produce, încă înainte de a se fi terminat diviziunea nucleului, un mugur în care va migra unul din nucleii nou-născuți prin cariocineză. Acest mugur poate rămâne legat de celula-mamă sau se poate desprinde de ea (fig. 96), dar el nu va atinge dimensiunile celulei-mame decât după o lungă perioadă de creștere. Înmugurirea este modul normal de diviziune pentru drozii. Tot prin înmugurire se formează spori ciupercilor cu pălărie (basidiosporii), sporii de *Penicillium* și conidiile multor ciuperci.

Formarea liberă a celulelor se caracterizează prin aceea că nucleul unei celule se divide în două, cei doi nuclei la rândul lor se divid și ei în două, fără ca să se dividă și citoplasma și fără să apară membrane despărțitoare. Asemenea membrane sau nu apar de loc, sau apar foarte târziu. Primul caz se întâlnește la plasmodiile de *Myxomycetes* și la laticifere. Cazul al doilea se întâlnește mai ales la formarea ascosporilor și a endospermului din semințele plantelor superioare.

Ciupercile ascomicete au sub pălărie un țesut special producător de spori, format din niște celule mari, în formă de burduf, numite *asce*. O ască tânără are la început un singur nucleu. Acesta se divide în două, noii nuclei se divid și ei și, după trei diviziuni succesive, se ajunge la un număr de opt nuclei, înglobați în citoplasma comună a celulei-mame (fig. 97). Mai târziu, fiecare nucleu se înconjoară cu o parte de citoplasmă, își secretă o membrană celulozică și devine *ascospor*. Partea din citoplasma comună care nu participă la formarea noilor celule va fi consumată de către acestea sau se va depune peste membrana sporilor, formând diferite ornamentații. Când cei opt ascospori

ajung la maturitate, asca crapă și ei sînt puși în libertate, servind la înmulțirea ciupercii.

Într-un mod analog se petrec lucrurile și în sacul embrionar al angiospermelor după fecundație. Nucleul secundar fecundat se divide aici de sute de ori, întreg sacul embrionar este plin la un moment dat cu nuclei în cito-

plasmă și numai foarte târziu, începînd dinspre periferia sacului spre centru, apar membrane celulare care împart această masă plurinucleată într-un țesut pluricelular numit *endosperm*.

*Endomitoza*¹ și *statmocineza*² sînt anomalii ale cariocinezei care se pot întîlni mai rar în natură, dar care pot fi provocate de om printr-o serie de agenți fizici sau chimici.

Endomitoza este acel mod anormal de cariocineză în care fazele acesteia se petrec în interiorul nucleului, a cărui membrană nu dispăre și, deci, la sfîrșitul telofazei, în loc ca numărul dublu de cromozomi născuți prin diviziune să se repartizeze între doi nuclei-fii, rămîn în interiorul nucleului inițial, al cărui număr de cromozomi este astfel de două ori mai mare decît al celulei-mamă. Fenomenul se poate repeta de mai multe ori, ajungîndu-se la nuclei uriași, cu un număr de cromozomi de zeci de ori mai mare decît cel caracteristic speciei. Astfel de nuclei se numesc *poliploizi*. Prin tratarea celulelor cu raze X sau cu colchicină (alcaloid extras din planta *Colchicum autumnale* — brîndușa-de-toamnă), precum și cu o serie de alte substanțe chimice, ca eter, cloroform, chloral, benzen etc., se pot provoca tulburări în mersul cariocinezei, care pot duce la formarea de nuclei poliploizi. Unele substanțe pot grăbi diviziunea, fiind deci mito-excitatoare, altele o pot încetini sau chiar opri, funcționînd ca mito-inhibitoare. Astfel de diviziuni anormale, obținute în mod artificial, poartă numele de *statmocineze*.

Crearea de indivizi poliploizi, încrucișarea între astfel de indivizi și obținerea de rase poliploide are o mare importanță și se practică în mod curent, mai ales în horticultură, dar și în crearea de noi soiuri de plante cultivate (sfecă, trifoi etc.). Multe soiuri poliploide au flori mai mari, procent de alcaloizi mai ridicat etc, față de soiurile normale ale aceleiași specii. În laboratoarele de genetică se lucrează intens la producerea de plante de cultură poliploide cu calități superioare.

Și în natură numărul speciilor poliploide este foarte mare, în special în regiunile cu climă aspră, cum sînt regiunile alpine, cele arctice, deșerturile etc. Poliploidia conferă plantelor din astfel de regiuni o mai mare rezistență la condițiile puțin favorabile ale mediului.

2) **Cariocineza allotipică.** Cariocineza allotipică, *reducțională* sau **meioza** se întîlnește numai la celulele-mame ale sporilor și mai rar la celulele-mame ale gameților, de aceea se numește și *allotipică*³. Ea este de fapt o succesiune de două diviziuni care au loc fără repaus între ele și la sfîrșitul căroră, dintr-o celulă-mamă cu un anumit număr de cromozomi, iau naștere patru celule-fiice numite *tetraspori*⁴, avînd un număr de cromozomi redus la jumătate față de cel din celula-mamă. În decursul diviziunii deci, numărul cromozomilor nucleilor s-a redus, s-a împuținat, de unde și numele de *reducțională* sau de *meioză*⁵ dat acestui mod de cariocineză.

¹ De la grec. *endon* = înăuntru

² De la grec. *stathmos* = oprire.

³ De la grec. *allos* = străin.

⁴ De la grec. *tetra* = patru și *sporos* = sămînță.

⁵ De la grec. *meiosis* = împuținare.

Dintre cele două diviziuni succesive care constituie meioza, numai prima este reducțională, cea de-a doua este ecuatorială.

Diviziunea reducțională se desfășoară tot în patru faze, ca și cea ecuatorială. Dintre acestea, cea mai complicată este *profaza*, a cărei durată este cam de 10 ori mai lungă decât a celorlalte trei faze la un loc. În decursul

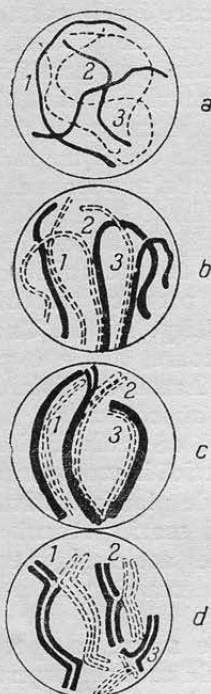


Fig. 98. a-d: Schema diverselor etape din profaza diviziunii reducționale:

a - leptoten; b - zigoten; c - pachiten; d - diploten. Dintre cromozomii omologi (1-3), unul este punctat, altul reprezentat prin linie întregă.

profazei, în nucleul celulei-mame au loc o serie de transformări adânci, care se desfășoară în cinci etape, inexistente în cazul diviziunii tipice. Aceste etape s-au denumit, după forma pe care o îmbracă cromozomii omologi (egali ca formă și mărime, dar unul fiind de origine paternă, altul de origine maternă), astfel: *leptoten*, *zigoten*, *pachiten*, *diploten* și *diacineză*. În etapa *leptoten*¹ (fig. 98, a) cromozomii apar sub forma de filamente lungi și subțiri nesprializate; în etapa *zigoten*² cromozomii omologi se apropie (fig. 98, b); în stadiul *pachiten*³, aceștia se îngroașă și se scurtează; ei se pot lega între ei în locuri numite *chiasme* și își pot schimba între ei segmente cuprinzând gene diferite („crossing-over”); în etapa *diploten*⁴ apare clară dedublarea fiecărui cromozom în două cromatide egale, iar în *diacineză* cromozomii egali complet uniți doi câte doi, formând *gemini*, își ating spiralizarea maximă și cea mai mică lungime din întreaga profază (fig. 99 și 100).

În metafază, la ecuatorul fusului acromatic, figura numită aster se constituie nu din cromozomi izolați, ci din gemini. În momentul următor, în loc ca fiecare cromozom să se despică în două cromatide — fapt care ar duce la dublarea numărului lor — se face numai dezlipirea geminilor și deci se evită dublarea. După asocierea geminilor, pe firele fusului alunecă spre cei doi poli ai acestuia nu jumătăți de cromozomi, ca în cazul cariocinezei ecuatoriale, ci *cromozomi întregi* (anafază), fapt care are drept consecință înjumătățirea numărului lor. Într-adevăr, în telofază, cromozomii vor reface câte un nucleu la fiecare pol al celulei, dar acest nucleu va avea numai jumătate din numărul de cromozomi al celulei-mame.

Imediat după formarea celor două celule cu nucleu redus, acestea intră din nou în diviziune. De astă dată, diviziunea lor este o cariocineză tipică, astfel încât la sfârșitul ei se vor forma patru celule cu câte un număr redus de cromozomi (fig. 100). Asemenea celule,

¹ De la grec. *leptos* = subțire.

² De la grec. *zygon* = jug.

³ De la grec. *pachys* = gros.

⁴ De la grec. *diploos* = dublu.

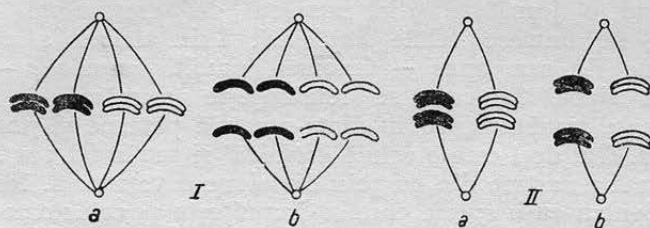


Fig. 99. Schemă arătând diviziunea tipică (I) și allotipică (II):
a — metafaza; b — anafaza (după Troll).

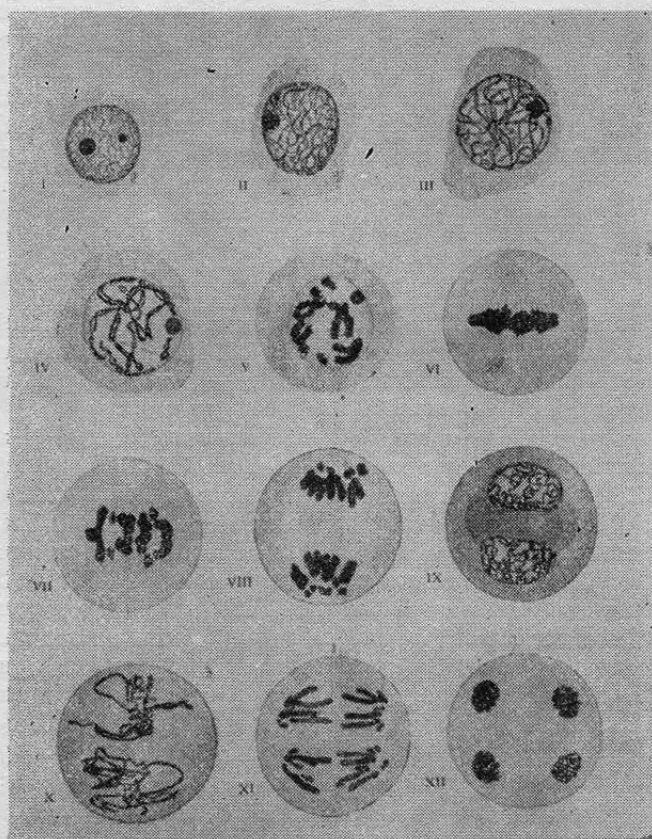


Fig. 100. Diviziunea reducțională la *Aloe thraskii*:
I — leptoten; II — zigoten; III — pachiten; IV — trecerea spre diploten;
V — diachineză; VI — formarea fusului nuclear și a plăcii nucleare (ecuatoriale);
VII, VIII — despărțirea geminilor; IX — formarea nucleului celei-fiice (interfaza); X-XII — împărțirea homeotipică (după Schaffstein din Küster).

avînd numai o jumătate din numărul de cromozomi caracteristic unei specii, se numesc celule *haploide*¹. Prin unirea a cîte două celule haploide de sex opus — fenomen numit *fecundație* — ia naștere un ou sau zigot, în care se reîntregește numărul de cromozomi, dar dintre care jumătate provin dintr-o celulă paternă și jumătate dintr-una maternă. Oul deci este o celulă *diploidă*² și tot la fel vor fi toate celulele care vor lua naștere din ou prin diviziune ecvatională. Reiese din cele expuse că pentru ca o specie care se înmulțește pe cale sexuală să-și poată păstra constant numărul de cromozomi, este nevoie ca în ciclul ei vital să aibă loc două fenomene contrare: unul în care dintr-o celulă diploidă să se nască celule haploide (meioza) și altul contrar, în care din două celule haploide să se nască o celulă diploidă (fecundația). Schema din fig. 99 ne arată, comparativ, cele două modalități de cariocineză. Meioza este, deci, fenomenul grație căruia numărul de cromozomi al unei specii rămîne constant de-a lungul tuturor generațiilor acesteia. Alte funcții ale meiozei sînt: amestecul patrimoniului ereditar, datorat repartiției întîmplătoare a cromozomilor paterni și materni și combinației noi de gene localizate în cromozomi, prin schimb de segmente („crossing-over”).

c. Cromozomii. Morfologia, structura și rolul lor

Cel mai remarcabil fenomen din cariocineză este, fără îndoială, repartizarea cromatinei nucleare într-un număr constant de cromozomi — corpusele foarte intens colorabile, bazofile — Feulgen pozitive, și despicarea lor longitudinală în jurmătăți perfect egale.

Numărul cromozomilor, foarte variabil în regnul vegetal și animal, este, în general, constant la una și aceeași specie. Se știe că din punctul de vedere al numărului de cromozomi, o specie are celule diploide, cu $2n$ cromozomi, și celule haploide, cu n cromozomi. Celulele diploide sînt infinit mai numeroase decît cele haploide, de aceea, cînd se dă numărul de cromozomi caracteristic unei specii, acesta se referă de obicei la celulele diploide, $2n$. La plante, numărul de cromozomi variază între 4 (la *Tilletia tritici*, o ciupercă) și aproximativ 1 200 (la feriga *Ophioglossum vulgatum*). Între aceste valori extreme, multe plante au un număr de cromozomi de 6, 8 sau mai ales multipli de 6 și 8. Astfel: genul *Crepis* (*Compositae*) are șase cromozomi, multe *Gymnospermae* au 24 de cromozomi (6×4 ; 2×8), multe *Liliaceae* au 16 sau 24 de cromozomi (2×8 ; 3×8 ; 4×6), unele *Leguminosae*, ca *Vicia faba* (bobul), au 12 cromozomi (2×6), multe *Solanaceae*, ca tutunul, cartoful etc. au 48 de cromozomi (6×8) etc. Există însă și plante care au un alt număr de cromozomi nedivizibil cu 6 sau 8, de exemplu porumbul 20, stejarul 22 etc. La ferigi și *Equisetaceae* se întîlnește cel mai mare număr de cromozomi. De remarcat este faptul că în toate celulele diploide, numă-

¹ De la grec. *haplos* = jumătate.

² De la grec. *diploos* = dublu.

rul de cromozomi este un număr cu soț și că din fiecare formă de cromozomi există cîte două la fel, dar de origine diferită: unul patern și altul matern, alcătuiind împreună o pereche de *cromozomi omologi*.

Forma cromozomilor, ca și dimensiunile lor sînt extrem de variabile. Există cromozomi sferici, în formă de bastonaș drept sau curb, în formă de V, de U, aceștia putînd avea brațe egale sau inegale. Uneori, cromozomii în formă de bastonaș, de U sau de V pot avea o mică sferă numită *satelit*, legată de ei printr-un fir extrem de subțire. Sînt foarte rare cazurile în care toți cromozomii unei specii sînt egali ca formă; un exemplu ni-l oferă *Datura stramonium* (laurul — porcesc) la care toți cei 24 de cromozomi au formă de bastonaș, dar de șase lungimi diferite. De cele mai



Fig. 101. Garnituri cromozomice :

A — la *Crepis capillaris*; B — la *Iris sibirica*; C — la alte specii de *Crepis* (după Guilliermond și Kursanov).

multe ori, o specie cuprinde diferite forme de cromozomi, tot cîte două de un fel, constituind „garnitura cromozomică” proprie acesteia (fig. 101).

Structura cromozomilor a putut fi „descifrată” grație existenței în glandele salivare a multor insecte, mai ales în cele ale musculiței de oțet *Drosophila melanogaster*, a unor cromozomi uriași, lungi de 0,5 mm și cu un diametru

de peste 5 μ , vizibili cu microscopul obișnuit și care se pot separa prin centri fugare, după ce în prealabil materialul a fost zdrobit.

Un cromozom în formă de V (fig. 102) are o strangulație necolorabilă în locul unde se unesc cele două brațe ale V-ului.

Pe această porțiune necolorabilă se află o formațiune specială numită *centromer* sau *cinetochor*¹.

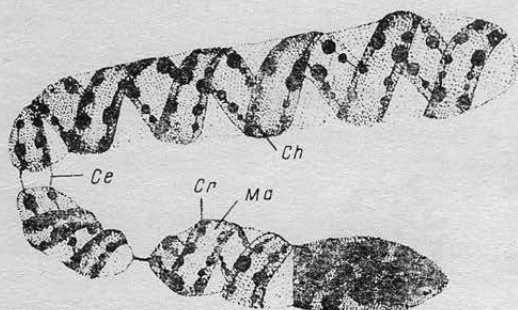


Fig. 102. Structura unui cromozom:
Ce — centromer; Ch — cromoneme;
Cr — cromomere; Ma — matrix (după
Gautheret, simplificată).

Acesta este locul cu care se prinde cromozomul de un fir al fusului, în metafază, și cu care alunecă cele două cromatide de-a lungul firului în anafază. Unii cromozomi pot avea mai multe strangulații secundare, alții pot să nu aibă de loc.

Partea constitutivă esențială a cromozomului o formează două benzi longitudinale (uneori mai multe) învîrtite în spirală, numite *cromoneme*², pe care sînt înșirate ca mărgelile pe o ață niște corpuscule intens colorabile numite *cromomere*³. Cromonemele și cromomerele lor sînt înglobate într-o substanță fundamentală, dispusă și ea tot în spirală, numită *matrix* (fig. 102). Membrana lipsește.

Cu structura intimă a cromozomilor stau în strînsă legătură și schimbările formei lor în decursul mitozei, schimbări care se exteriorizează prin scurtări și lungiri ritmice ale acestora (fig. 103). Scurtarea cromozomilor, care începe în profază și atinge cel mai înalt grad în metafază, se datorește unei accentuări a spiralizării cromonemelor, însoțită de o desumflare a matricei. În telofază are loc o despiralizare a cromonemelor concomitentă cu o umflare puternică a matricei, care în cele din urmă părăsește complet cromonemele și dispăre în cariolimfa nucleului. Contrar părerii mai vechi a multor citologi, după care cromozomii ar dispărea la sfîrșitul telofazei și ar reapărea din nou în profaza următoare, cercetările recente au dovedit că, sub forma de cromoneme, cromozomii persistă și în nucleul ce nu se mai divide. Corpusculele de cromatină ale nucleului „în repaus” nu reprezintă altceva decît secțiunile transversale

¹ De la grec. *kinesis* = mișcare și *chorein* = a călători.

² De la grec. *chroma* = culoare și *nema* = fir.

³ De la grec. *chroma* = culoare și *meros* = particulă.

optic vizibile ale cromonemelor despiralizate și fără matrice. Nucleul deci constă dintr-un număr de elemente situate în carioplasmă, care nici o dată nu apar din nou, ci provin din altele asemănătoare, prin diviziune.

În lumina acestor noi descoperiri, ciclul mitotic apare ca o schimbare ritmică a spiralizării și despiralizării cromonemelor, care, pe parcursul acestor schimbări, la un anumit moment se autoreproduc. Clivarea în lung

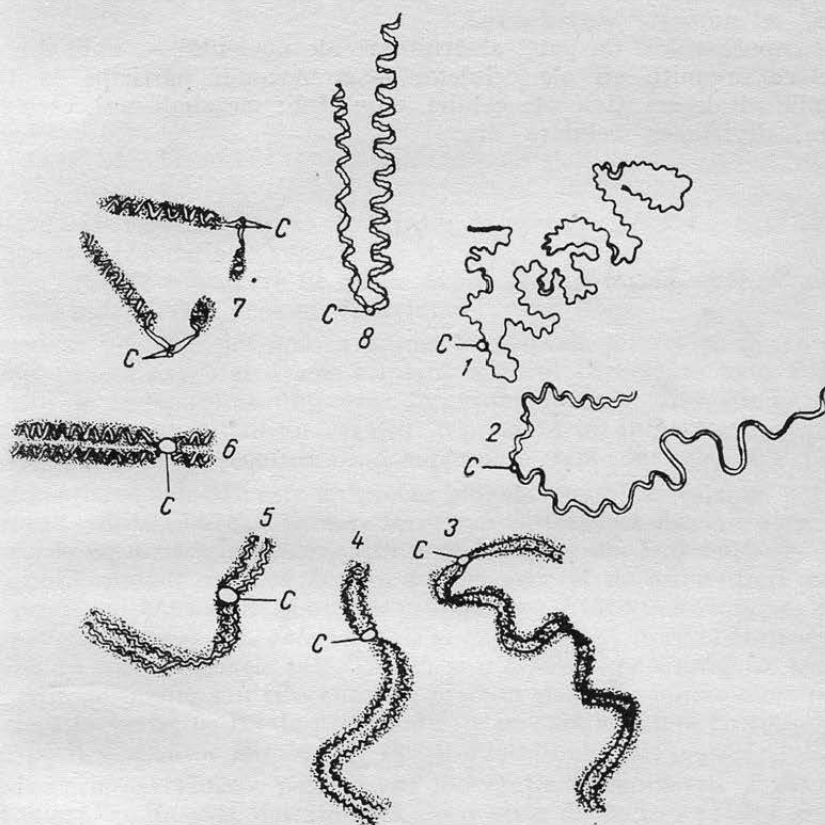


Fig. 103. Schimbarea spiralizării cromonemei pe timpul cariocinezei:

1 - interfaza; 2, 3, 4 - profaza, în care fiecare cromozom este scindat în două cromatide; 5, 6 - metafaza: fiecare cromatidă este formată din două cromoneme; 7 - anafaza, separarea cromozomilor-fii; 8 - telofaza, despiralizarea; C - centromer (după Nougarede, 1969).

a cromozomilor constă în aceea că perechile de cromoneme care mai înainte erau învelite într-o matrice comună se despart și-și produc fiecare câte o matrice proprie.

Din punct de vedere chimic, cromozomii sînt formați din 50—72% nucleoproteide. Cromomerele, în care unii geneticieni văd *genele* — unități

funcționale alcătuite din grupe de molecule din filamentul de ADN al cromonemelor, purtătoarele materiale ale caracterelor ereditare — , conțin ADN asociat cu proteine superioare (globuline) și numai foarte puține proteine inferioare (histone), pe cînd porțiunile de cromoneme situate între cromomere sînt formate din ARN asociat cu proteine inferioare. Pe baza acestor deosebiri chimice, cromatina din cromomere, bogată în ADN și care persistă și în nucleul intercinetic, se numește *heterocromatină*, pe cînd cea din restul masei cromozomului, care conține ARN și care dispare în telofază, se numește *eucromatină*.

Rolul cromozomilor. Ca părți alcătuitoare ale nucleului — unul din cele mai active organite vii ale celulelor — cromozomii participă la toate funcțiunile vitale esențiale ale celulei, cum sînt: metabolismul, creșterea, mișcarea, diviziunea celulară etc.

1. GENERALITĂȚI

*Histologia*¹ *vegetală* este capitolul din *Morfologia plantelor* care se ocupă cu studiul țesuturilor vegetale.

Un țesut este o grupare de celule avînd aceeași formă, aceeași structură și care îndeplinesc aceeași funcțiune.

Țesuturi vegetale pot apărea numai la plantele pluricelulare, ca urmare a unui proces de diferențiere celulară a cărui consecință este adaptarea celulelor la îndeplinirea anumitor funcțiuni speciale. Așa fiind, prezența țesuturilor într-un organism vegetal reprezintă un important progres filogenetic, plantele cu țesuturi fiind superioare față de cele fără țesuturi.

Diferențierea celulară este un proces biologic complex, care se petrece în interiorul celulei și are ca urmare formarea de țesuturi specializate, de unde și numele de *diferențiere histogenetică* ce i se mai dă. Diferențierea celulară reprezintă numai o etapă a unui proces general de diferențiere căruia îi sînt supuse viețuitoarele, și anume prima etapă. Etapa următoare se numește *diferențiere organică* sau *ontogenetică*² și ea are drept urmare formarea individului cu toate organele sale. Există și o *diferențiere cenologică*, interesînd grupările de plante sau fitocenozele, precum și o *diferențiere evolutivă*, care se referă la variațiile fixate prin ereditate pe care le suferă cu timpul diversele specii și a căror istorie este însuși evoluționismul.

Diferențierea celulară poate avea loc grație sensibilității și plasticității protoplasmei. Ea este determinată de o serie de factori *interni* și *externi*.

Factorii interni, cei mai importanți, fac parte din patrimoniul ereditar al speciei respective. Cel dintîi dintre ei este, fără îndoială, *echipamentul enzimatic* al celulei, capabil să îndeplinească sinteza citoplasmei, respirația și toate reacțiile ce caracterizează viața.

Alți factori interni ai diferențierii celulare, mai sînt: *polaritatea celulei*, *simetria acesteia*, *diviziunea inegală* (ca durată și ca plan de diviziune) a celulelor, *creșterea acestora*, *acțiunea substanțelor de creștere* etc.

¹ De la grec. *histos* = țesut și *logos*, = știință, teorie, vorbire.

² De la grec. *on*, genitiv *ontos* = un individ, și *genesis* = naștere, origine.

Factorii externi, acționând asupra creșterii, influențează și mersul diferențierii celulare. Aceștia sînt: *lumina, temperatura, cantitatea de apă* din mediu, *factori mecanici* ca: șocuri, presiunea, gravitația etc.

Datorită acțiunii coordonate a tuturor acestor factori, celulele dobîndesc forme, dimensiuni, structuri și un anumit chimism, care le sînt *specifice*.

Procesul diferențierii celulare în lumea plantelor poate fi considerat sub două aspecte: ontogenetic și filogenetic.

a) În *dezvoltarea ontogenetică* a unei plante, punctul de plecare al diferențierii celulare îl constituie *celula embrionară*, iar la organisme pluricelulare procesul se desfășoară în două etape: 1) de la ou pînă la țesuturile embrionare și 2) de la țesuturile embrionare pînă la țesuturile definitive. Prin nenumărate diviziuni cariocinetice, oul dă naștere unor celule asemănătoare, nespecializate și cu posibilități de dezvoltare egale, constituind țesuturile meristematice. În timpul trecerii țesuturilor meristematice

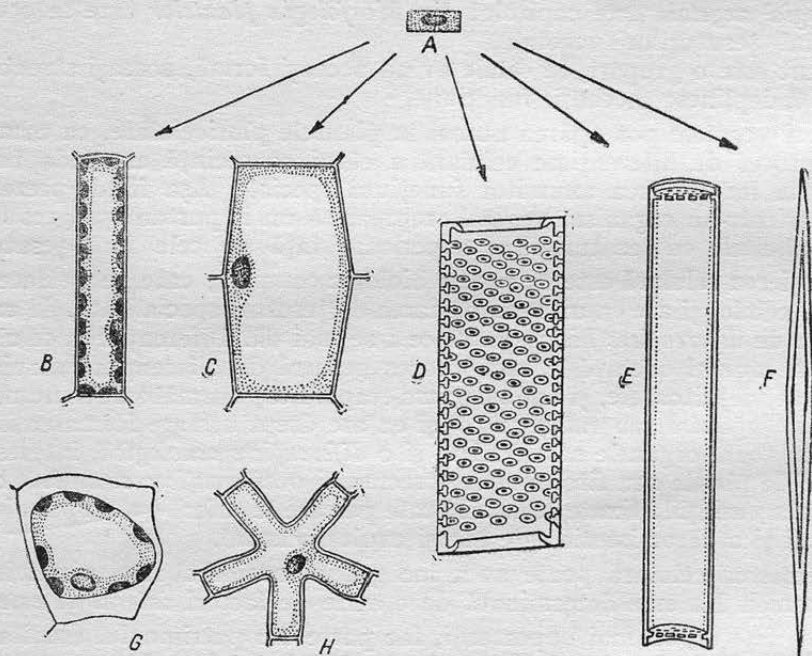


Fig. 104. Diferențierea celulară:

Dintr-o celulă embrionară (A) pot lua naștere celule ale țesuturilor: palisadic (B), parenchymatic (C), vase lemnoase (D) vase liberiene (E), fibre de sclerenchim (F), celule stomatice (G) sau celule stelate (H) (după Troll).

la stadiul de țesuturi definitive, grupuri de celule diferite urmează drumuri de dezvoltare deosebite, dobîndind însușiri noi, pe care nu le avuseseră mai înainte și transformîndu-se în țesuturi (fig. 104).

Diferențierea celulară sau histogenetică este, deci, trecerea celulelor tinere, meristematice, din stadiul nediferențiat în cel de celule specializate,

al căror ansamblu constituie țesuturile definitive, capabile să îndeplinească una sau mai multe funcțiuni determinate.

Căile care duc la diferențierea celulelor vegetale sînt: *creșterea vacuolelor și alungirea pereților celulari* (fenomene care se condiționează reciproc), *aparitia de substanțe de rezervă în protoplasmă sau în vacuole* (astfel se nasc țesuturile de depozitare, aerifere, acvifere, secretoare și excretoare), *îngroșarea pereților celulari* (așa se naște colenchimul, sclerenchimul și țesutul lemnos) și *modificările secundare ale membranei celulozice* (lignificarea, suberificarea, cutinizarea etc.).

Rezultatul diferențierii celulare în dezvoltarea ontogenetică a unei plante este formarea țesuturilor definitive pe care aceasta le posedă.

b) A urmări procesul diferențierii celulare sub raport *filogenetic* înseamnă a stabili și analiza diferitele grade de organizare prin care au trecut reprezentanții regnului vegetal de la apariția lor și pînă astăzi. Descifrarea acestei dezvoltări istorice a regnului vegetal este o operație extrem de dificilă, deoarece s-au păstrat prea puține resturi fosile de plante cunoscute în paleobotanică. Totuși, din studiul acestor plante fosile se poate desprinde concluzia incontestabilă că primele plante au apărut în apă, că acestea aveau un corp unicelular cu organizația cea mai simplă și că din acestea, încetul cu încetul, în decursul lungilor perioade ale istoriei Pămîntului, au apărut forme de plante tot mai complicat organizate, pînă la angiospermele de azi, alcătuite din 70-80 de tipuri de celule diferite ca formă și cu funcțiuni deosebite.

Limitîndu-ne la studiul speciilor de plante *actuale* și judecînd gradul lor de organizare după acest criteriu obiectiv al numărului de celule diferite ca formă și funcțiune din care este alcătuit organismul lor, vom putea stabili trei mari categorii de plante: protofite, talofite și cormofite, legate între ele prin forme de trecere.

*Protofitele*¹ cuprind toate plantele unicelulare, cenobiile și plasmodiile dintre cenocite. Dintre protofitele unicelulare, organizația cea mai primi-

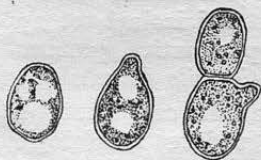


Fig. 105. Tal unicelular de drojdie-de-bere, *Saccharomyces cerevisiae* (după Grințescu).

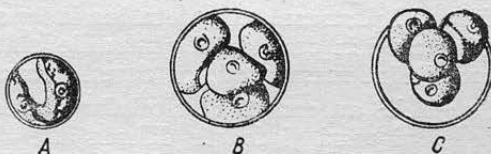


Fig. 106. Tal unicelular de *Chlorella vulgaris* (algă verde):

A — celulă; B—C — formarea sporilor (după Grințescu).

tivă o au bacteriile și algele albastre cu nucleu difuz, apoi ciupercile unicelulare ca drojdiile (fig. 105), algele verzi unicelulare și sferice, de exemplu *Chlorella* (fig. 106), care nu prezintă nici măcar polaritate, adică diferen-

¹ De la grec. *protos* = cel dintîi și *phyton* = plantă.

fa între o extremitate anterioară și alta posterioară. Un grad de organizare mai avansat printre unicelulare îl prezintă flagelatele, de exemplu *Euglena* sau *Chlamydomonas* (fig. 107), având un pol anterior cu flageli și o organizare internă a celulei mai complexă.

Cenobiile sînt forme de plante unicelulare în care mai mulți indivizi-frați născuți prin diviziune dintr-o celulă-mamă, sau rămîn alăturați sub o

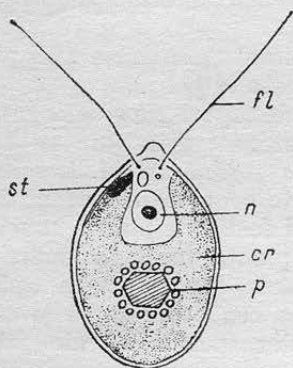


Fig. 107. *Chlamydomonas* sp. — tal unicelular mobil, cu polaritate pronunțată:

st — stigma; n — nucleu; cr — cromatofor (punctat); p — pirenoid; fl — flagel (după Guillard).

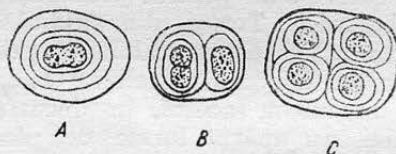


Fig. 108. *Gloeocapsa* sp.:

A — celulă izolată în diviziune; B, C stadii diferite de înmulțire (după Strasburger).

membrană comună care este membrana fostei celule-mamă, sau se leagă printr-un mucilagiul provenit din umflarea membranei celulei-mame, ca la *Gloeocapsa* (fig. 108), ori secretat de ei. Și într-un caz, și în altul, diferiții indivizi își păstrează completa lor independență și pot trăi izolați tot așa de bine ca și în cenobiu. Plasmodiile sînt mase mari plasmatice, plurinucleate și fără membrană, pe care le cunoaștem (vezi: *tipurile de celule*).

*Talofitele*¹ au corpul pluricelular sau cel puțin format din cenoblaste de dimensiuni mari și foarte diferențiate din punct de vedere morfologic, cum este, de exemplu, cenoblastul de *Caulerpa*, lung de peste 50 cm și purtînd imitații de frunze, de rizom și de rădăcini (fig. 109).

Trecerea de la protofitele unicelulare spre talofitele pluricelulare o constituie coloniile de celule. Cele mai simple forme de colonii, cum este, de exemplu, cea de *Pediastrum* (fig. 110), cuprind un număr mare de celule, absolut egale între ele, putînd îndeplini orice funcție. O astfel de colonie se dovedește de cenobii doar prin faptul că are o formă determinată și că celulele alcătuitoare formează o unitate funcțională permanentă.

¹ De la grec. *thalos* = ramură și *phyton* = plantă.

Adevărata trecere de la protofitele unicelulare sau cenobionte spre talofitele pluricelulare o constituie coloniile algei *Volvox* (fig. 111). La o astfel de colonie, un număr de 15-20 000 de celule biflagelate formează pereții unei sfere goale, fiind înfipite într-o masă gelatinoasă comună. Aici celulele sînt legate prin plasmodesme și se deosebesc între ele ca formă și structură. În cadrul coloniei se pot distinge cîteva celule mari, lipsite de flageli, cu rol

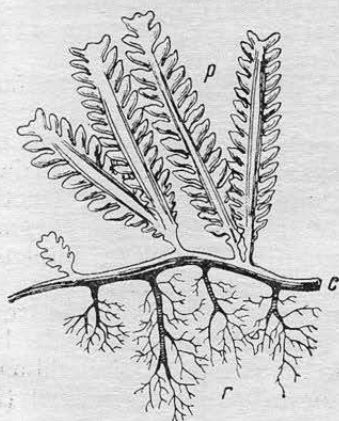


Fig. 109. *Caulerpa*, algă sifonee, cu cenoblast diferențiat morfologic în imitații de organe vegetative:

rr - rhizidium; c - caulidium; p - phillidium (după Grințescu).

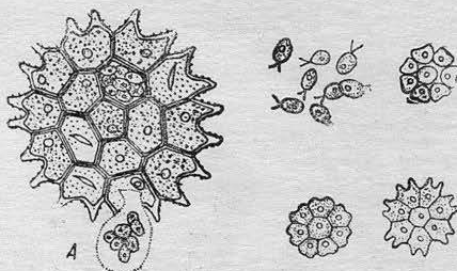


Fig. 110. Colonie de *Pediatrum boryanum*. Înmulțire asexuată prin zoospori:

4 - ieșirea zoosporilor (după Strasburger).

în înmulțire (r), și marea masă de celule vegetative biflagelate, fiecare celulă fiind comparabilă cu un *Chlamydomonas*. Printre acestea din urmă, celulele situate în emisfera anterioară sînt mai mari, avînd cîte o stigmă mare așezată la baza flagelilor, pe cînd celulele din emisfera posterioară sînt mai mici și cu o stigmă minuscule, situată mai jos de baza flagelilor. Numai în emisfera posterioară se formează celule de reproducere. Prin diferențierea coloniei în două regiuni morfologice și fiziologice deosebite și prin diferențierile celulelor alcătuitoare, coloniile de *Volvox* fac impresia unor plante pluricelulare.

Cele mai simple forme de taluri pluricelulare sînt talurile filamentoase simple, de exemplu *Spirogyra* ale cărei celule sînt uniforme. Mai evoluate sînt talurile filamentoase ramificate, ca de exemplu, *Cladophora* (fig. 112), care se fixează de mîl

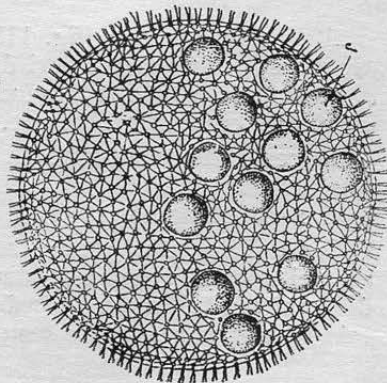


Fig. 111. Colonie de *Volvox aureus*:

r - celule reproducătoare (după Stocker).

prin rizoizi și care cresc numai la vîrf prin celule speciale, numite *celule inițiale*.

O formă superioară de organizare o prezintă talurile cu *trei dimensiuni*. Dintre acestea, talurile de ciuperci superioare și de licheni pot prezenta niște *țesuturi „false”*.

Hifele — celule lungi, fără clorofilă, ramificate sau nu, cu pereții îngroșați, puse cap la cap, care constituie piciorul sau pălăria unor ciuperci se îm-

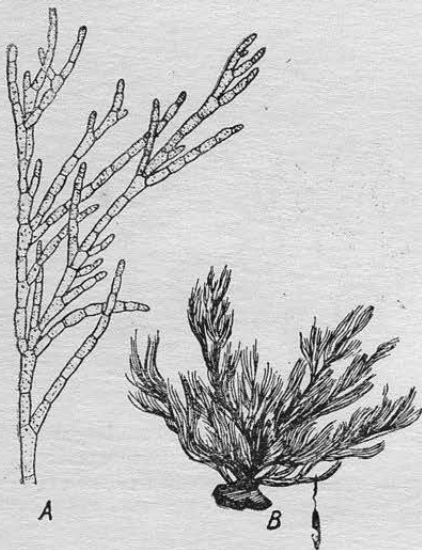


Fig. 112. Tal filamentos-ramificat de *Cladophora*:

A — porțiune mărită; B — plantă în întregime (după Stocker).

pletesc mai lax; ele, de fapt, rămîn independente și cresc fiecare prin vîrfurile lor; pe secțiune longitudinală fac impresia unui adevărat țesut. De fapt, ele constituie un țesut fals numit *plectenchim* (fig. 113). Altă dată, ca de exemplu în corpul de fructificație al ciupercii *Claviceps purpurea* (cornul-secării), hifele se împletesc mai strîns și pot concrește între ele în mod secundar. Pe o secțiune transversală, această împletitură de hife face impresia unui țesut parenchimatic și se numește *pseudoparenchim*¹ (fig. 114).

O organizare complexă printre talofite o prezintă talurile înzestrate cu țesuturi adevărate, cum sînt cele ale algelor brune *Fucus*, *Laminaria* sau *Macrocystis*, al căror corp vegetativ atinge dimensiuni uriașe (pînă la 400 m la *Macrocystis*) și este diferențiat într-o porțiune de fixare, care imită o rădăcină, una ca o tulpină și

o alta imitînd frunza (fig. 115). În interiorul acestor „organe” se pot distinge cel puțin patru feluri de țesuturi diferențiate, și anume o epidermă, o scoarță și o măduvă avînd celule alungite cu pereții terminali ciuruiți, semănînd cu vasele liberiene.

Trecerea de la talofite la plantele superioare numite cormofite o fac *briofitele* sau mușchii, al căror corp prezintă o tulpină cu frunze, dar care încă n-au rădăcină.

*Cormofitele*² sînt plante superioare al căror organism este diferențiat în trei organe vegetative distincte: rădăcină, tulpină și frunze, alcătuite din mai multe țesuturi adevărate, specializate. În tratarea histologiei vegetale vom ține seama de țesuturile cormofitelor.

¹ De la grec. *pseudos* = fals.

² De la grec. *kormos* = trunchi și *phyton* = plantă.

Țesuturile adevărate sînt acele grupări de celule care îndeplinesc trei condiții, și anume:

1) Celulele alcătuitoare ale țesutului sînt legate între ele prin plasmodesme și formează o *unitate anatomică* permanentă, *trăinică*.

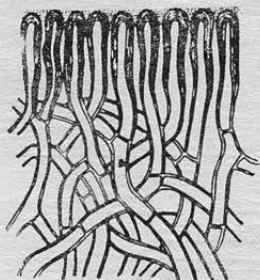


Fig. 113. Plectenchim (țesut fals) într-o secțiune longitudinală prin *Polyporus lucidus* (ciupercă) (după Stocker).

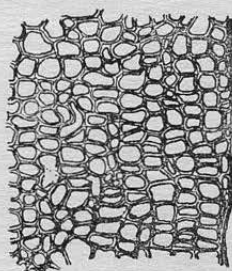


Fig. 114. Pseudoparenchim în scleroțiul ciupercii *Claviceps purpurea* (cornul-secării) (după Strasburger).

2) Celulele asociate într-un țesut adevărat sînt specializate, adică adaptate la îndeplinirea unei anumite funcțiuni. Ansamblul celulelor dintr-un țesut adevărat constituie o *unitate fiziologică*.

3) Celulele componente ale unui țesut adevărat nu sînt independente, ci *interdependente*, fiind subordonate unității organismului din care fac parte. Dacă una singură din aceste condiții nu este satisfăcută, gruparea de celule nu constituie un țesut adevărat, ci un ceno-biu, o colonie sau cel mult un țesut fals.

2. CLASIFICAREA ȚESUTURILOR VEGETALE

Diferitele țesuturi care alcătuiesc organele cormofitelor pot fi clasificate după mai multe criterii sau puncte de vedere. Astfel, forma celulelor, compoziția chimică a membranelor, prezența sau absența protoplastului viu, gradul de diferențiere al celulelor alcătuitoare etc. sînt cîteva dintre aceste criterii.

O clasificare științifică a țesuturilor vegetale, care să țină seama de toate caracterele acestora, și o terminologie unitară, definitiv acceptată de toți histologii, încă nu există.

Sînt autori care vorbesc despre *aparate* la plante, înțelegînd printr-un aparat vegetal totalitatea țesuturilor care colaborează la îndeplinirea aceleiași funcțiuni (R. Souèges), alții despre *sisteme* (Haber-

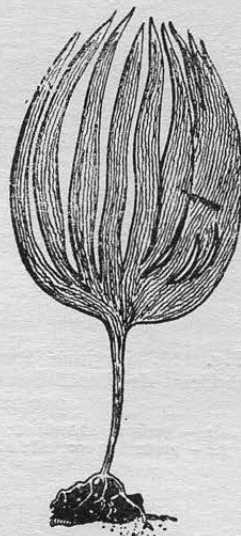


Fig. 115. *Laminaria digitata* (algă brună), cu tal diferențiat în imitații de rădăcină, tulpină și frunze (după Stocker).

l a n d t), înțelegînd printr-un sistem acel aparat în constituția căruia intră pe lîngă țesuturile esențiale, specializate la îndeplinirea funcției specifice a acestuia, și elemente histologice accesorii. Așa, de exemplu, la alcătuirea țesutului lemnos și liberian iau parte, pe lîngă vasele cu rol conducător, și alte elemente și țesuturi, cum sînt fibrele liberiene și lemnoase sau parenchimul liberian și lemnos, care n-au rol conducător. De aceea, în loc de țesuturi conducătoare, Haberlandt și alții le numesc pe acestea sisteme conducătoare.

Cele mai multe sisteme de clasificare a țesuturilor vegetale au la bază trei criterii, și anume: forma celulelor, gradul lor de diferențiere și funcțiunile pe care le îndeplinesc.

a) După forma celulelor alcătuitoare, țesuturile plantelor se pot clasifica în două categorii: parenchimuri și prozenchimuri.

Parenchimuri se numesc acele țesuturi care sînt formate din celule avînd cele trei diametre egale sau aproape egale (celule izodiametrice), cu membrane celulozice subțiri, între celule existînd numeroase spații intercelulare (fig. 116).

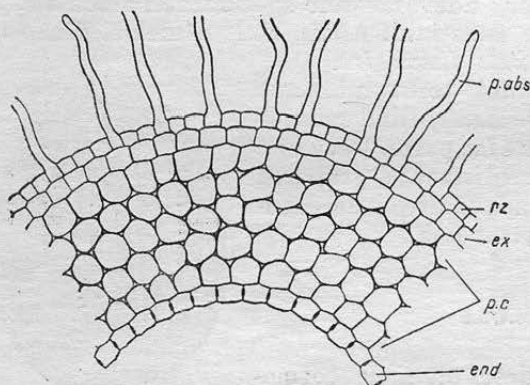


Fig. 116. Secțiune transversală prin scoarța unei rădăcini de dicotiledonate; se văd diferite țesuturi parenchimice:

p.abs — perisor absorbant; *rz* — rizodermă; *ex* — exodermă; *p.c* — parenchim cortical; *end* — endoderm (după Stocker).

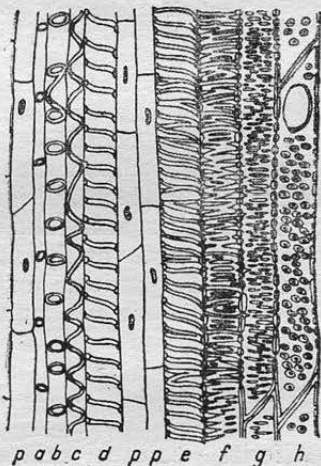


Fig. 117. Secțiune longitudinală prin lemnul unui fascicul de *Lobelia*:

a — *d* — protoxilem; *e* — *h* — metaxilem; *p* — celule parenchimice; *a*, *b* — traheide inclinate; *c*, *d*, *e* — traheide spiralate; *f* — vas scalariform; *g* — vas reticulat; *h* — vas punctat (după Strasburger).

Prozenchimurile sînt țesuturi formate din celule foarte alungite (cu diametrul longitudinal cel puțin de patru ori mai mare decît celelalte două diametre), de regulă ascuțite la capete, cu pereții îngroșați, cel mai adesea lignificați (fig. 117).

b) După gradul de diferențiere al celulelor alcătuitoare, țesuturile plantelor se pot împărți în două categorii: meristeme și țesuturi definitive.

Meristemele sînt țesuturi tinere, cu celule mici, uniforme, nespecializate, pline cu citoplasmă, avînd un nucleu mare central, cu vacuole multe dar extrem de mici, cu membrane celulozice, subțiri, fără spații intercelulare și fără substanțe de rezervă (fig. 118). Celulele meristematice se divid neconținut, de aceea într-o secțiune prin meristem apar totdeauna figuri caracteristice de cariocineză.

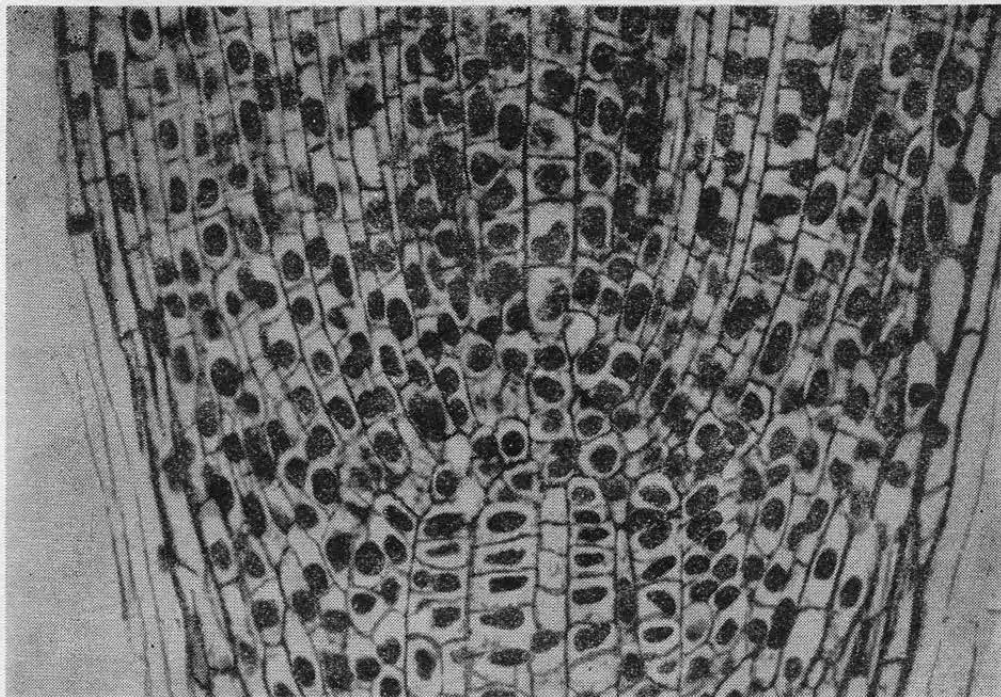


Fig. 118. Secțiune longitudinală prin vârful rădăcinii de *Allium sativum*. Tip de țesut meristematic (după H u b e r).

Țesuturile definitive sînt formate din celule diferențiate, a căror formă și structură depind de funcțiunea la care s-au adaptat și care și-au pierdut capacitatea de a se mai divide.

c) După funcția pe care o îndeplinesc în corpul plantelor, țesuturile vegetale pot fi clasificate în mai multe categorii. O clasificare complicată din acest punct de vedere este cea a lui H a b e r l a n d t (1884), care împarte țesuturile plantelor în 12 categorii, dintre care pe unele le consideră țesuturi, pe altele organe și pe altele sisteme. Aceste categorii de țesuturi sînt : 1) țesuturile formatoare (meristemele); 2) sistemul epidermal; 3) sistemul mecanic; 4) sistemul absorbant; 5) sistemul asimilator; 6) sistemul conducător; 7) țesuturile de rezervă; 8) sistemul aerifer; 9) organele de secreție și excreție; 10) țesuturile de mișcare; 11) organele de simț; 12) structuri și țesuturi conducătoare pentru excitanți.

Ținând seama de faptul că multe grupuri de țesuturi din clasificarea lui Haberlandt sînt puse în slujba aceleiași funcțiuni (de exemplu: țesuturile de absorbție, asimilatoare, țesuturile de rezervă și aerifere asigură nutriția), o serie de autori mai noi, printre care S o u è g e s, K u r s a n o v, J u k o v - s k i și alții, au redus mult numărul categoriilor de țesuturi. În clasificarea adoptată de noi, țesuturile vegetale sînt grupate în șapte categorii, și anume: 1) țesuturi de origine sau meristeme; 2) țesuturi de apărare sau învelitoare; 3) țesuturi fundamentale sau trofice; 4) țesuturi conducătoare; 5) țesuturi mecanice sau de susținere; 6) țesuturi și celule secretoare și excretoare; 7) celule și țesuturi senzitive.

a. Țesuturile de origine sau meristemele

Se numesc țesuturi de origine, formatoare, embrionare sau *meristeme*¹ țesuturile cele mai tinere din corpul plantelor, ale căror celule se divid mereu, dînd naștere la alte celule, în care își au originea sau din care se formează toate celelalte țesuturi definitive ale plantei. Embrionul seminței este format numai din meristeme, de aceea meristemele se mai numesc *țesuturi embrionare*.

Planta adultă este formată din țesuturi definitive, dar, oricît de bătrînă ar fi, ea mai are o serie de meristeme și deci este capabilă încă de a crește și a da naștere la organe noi. De aceea, în opoziție cu animalele, care, o dată ajunse la vîrsta adultă nu mai cresc, plantele cresc toată viața lor și se mai numesc, din acest motiv, „ființe deschise”.

După *poziția* pe care o ocupă în plante, meristemele sînt de trei categorii: apicale, laterale și intercalare.

*Meristemele apicale*² ocupă vîrfurile tuturor organelor: rădăcină, radiclele, tulpină, ramuri. Acest fel de meristeme sînt prezente la toate plantele, sînt cele mai importante dintre toate și lor li se datorește posibilitatea nelimitată de creștere a acestor organe.

Meristemele laterale, după cum arată și numele, nu sînt situate în axul organului, ci lateral față de acesta și paralel cu el. Se află mai ales la plantele capabile de îngroșări secundare (arbori, arbuști etc.), lipsind la cele mai multe plante ierboase.

Meristemele intercalare, în sfîrșit, sînt și mai rare, găsindu-se numai la plantele a căror tulpină este împărțită în noduri și întrenoduri (graminee, ciperacee etc.), fiind situate deasupra fiecărui nod, intercalate între țesuturi definitive. Activitatea acestora este de scurtă durată.

¹ De la grec. *meriseîn* = a împărți.

² De la latin. *apex*, *apicis* = vîrf.

După *originea* și *gradul de dezvoltare* al celulelor lor alcătuitoare, meristemele se clasifică în trei categorii, și anume: primordiale, primare și secundare.

1. Meristemele primordiale. Numite și *promeristeme*, meristemele primordiale sînt cele mai tinere țesuturi care alcătuiesc embrionul născut din primele diviziuni ale oului (fig. 119, A) sau provin nemijlocit din țesuturile embrionului. La o plantă născută din embrion, meristemele primordiale ocupă extremitățile axei principale ale acesteia, și anume vârful tulpinii și al rădăcinii (părțile negre din figura 119, C). Ele au deci totdeauna o poziție apicală și continuă, fără întrerupere.

Mai tîrziu, cînd axa principală a tulpinii va forma muguri laterali sau ramuri, iar rădăcina se va ramifica, dînd naștere la radiclele de diferite ordine, și vîrfurile acestor ramuri ale axei plantulei vor fi ocupate tot de meristem primordial, care s-a separat din meristemul preexistent.

La microscop, meristemele primordiale se recunosc ușor după celulele lor mici, izodiametrice, cu membrane foarte subțiri, formate din pectină și foarte puțină celuloză, fără spații intercelulare. Interiorul celulelor este plin cu o citoplasmă densă, avînd un nucleu mare în centru. Vacuolele sînt numeroase și așa de mici, încît nu se văd cu microscopul fonic; materii de rezervă nu există în celule. Celulele meristemului primordial se găsesc într-o diviziune continuă și acestei facultăți a lor își datoresc creșterea regulată în lungime organele care le adăpostesc. Celulele meristemului primordial sînt complet nediferențiate, adică lipsite de orice specializare funcțională, în afară de facultatea de diviziune.

Extremitățile tulpinii, ale rădăcinii, precum și cele ale ramurilor acestora, în care se găsesc localizate meristemele primordiale, au o formă mai mult sau mai puțin conică, fapt pentru care se numesc *conuri vegetative* sau

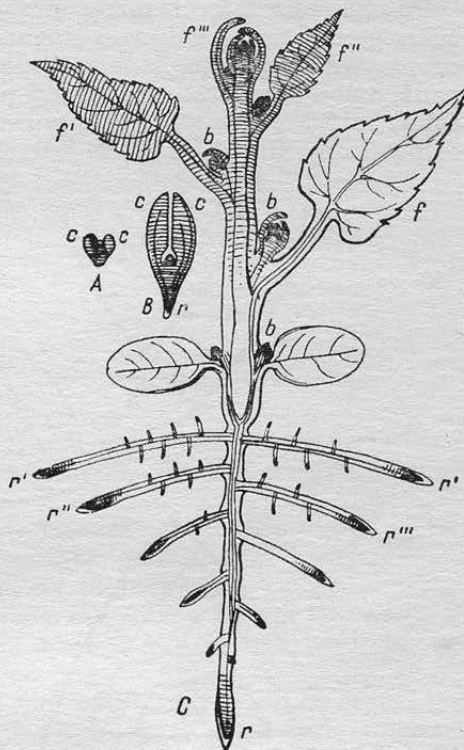


Fig. 119. Organizarea unei plante vasculare (dicotiledonată):

A și B — două faze succesive ale dezvoltării embrionului în sămînță în curs de maturare; r — radicle; c — cotiledoane; C — tînră plantulă în curs de creștere: r — rădăcină principală; r', r'', r''' — radiclele de diferite ordine; b — muguri axilari; f — prima frunză formată după încolțirea sămînței; f', f'', f''' — frunze din ce în ce mai tinere; negre: meristeme primordiale; hașurate: meristeme primare; albe: țesuturi definitive (după Sachs, din Guilliermond).

vîrfuri vegetative, iar celula sau celulele speciale din care se nasc meristemele primordiale formează așa-numitele *puncte vegetative*¹.

Modul cum iau naștere celulele meristemului primordial în punctele vegetative ale tulpinii diferă foarte mult de acela din rădăcină, iar la același organ acest mod diferă de la un grup sistematic la alt grup. Urmărind acest proces *la tulpină*, vom putea constata următoarele cazuri:

Tulpina mușchilor frunzoși și a celor mai multe pteridofite are punctul vegetativ format dintr-o singură celulă, numită *celulă inițială*. Aceasta ocupă vârful organului, este mai mare decât celulele vecine și are forma de pană, avînd pereții laterali plani și peretele exterior bombat. Prin diviziune, celula inițială dă naștere la alte celule, numite *segmente*. Aceste segmente se pot forma numai pe fețele laterale (inițială bivalentă) sau pe toate trei

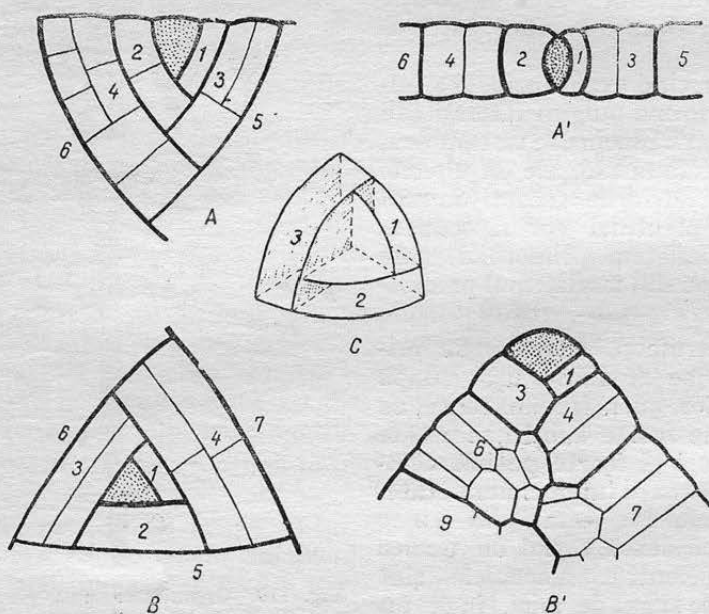


Fig. 120. Celula inițială văzută din față și în secțiune:

A, A' — celulă inițială bivalentă de mușchi hepatici;
B, B' — celulă inițială trivalentă de *Equisetum*;
C — modelul unei inițiale trivalente văzută de sus (punctată). Cifrele arată succesiunea segmentelor (după Stocker).

fețele (inițială trivalentă), dînd o înfățișare diferită punctului vegetativ (fig. 120, A și B). La *Lycopodiaceae* și multe ferigi, inițiala are forma unui tetraedru cu baza în sus, iar segmentele se formează după cele trei fețe ale sale (fig. 120, B). Inițialele tetraedrice din tulpină sînt totdeauna trivalente.

¹ Noțiunea de *punct vegetativ* are înțelesuri diferite, unii morfologi o atribuie numai porțiunii conului vegetativ situată deasupra primordiilor de frunze, alții inițialelor.

La unele pteridofite și la cele mai multe *Gymnospermae* nu există o singură celulă inițială în punctul vegetativ al tulpinii, ci un grup de celule inițiale uniforme, prin diviziunea cărora ia naștere meristemul primordial (fig. 121).

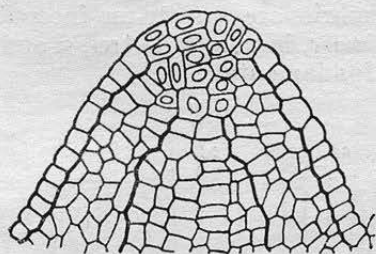


Fig. 121. Con vegetativ de *Sequoia sempervirens* cu celulele inițiale care vor da meristem primordial (după Strasburger).

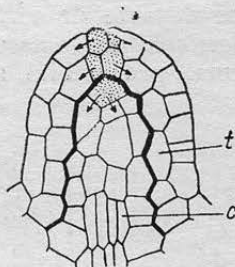


Fig. 122. Conul vegetativ de *Ceratophyllum* cu mai multe etaje de inițiale (punctate). Linia groasă — limita dintre tunica (t) și corpus (c) (după Stöcker).

La *Angiospermae* există, de asemenea, mai multe inițiale, aranjate însă regulat, în mai multe etaje suprapuse (fig. 122), fiecare etaj dând naștere câte unui meristem primar.

La rădăcină, celula sau celulele inițiale nu mai sînt situate chiar în primul strat al conului vegetativ, ci ceva mai adînc, știut fiind că vârful acestui organ este acoperit cu un țesut special de protecție.

La pteridofite, punctul vegetativ al rădăcinii constă tot dintr-o singură inițială tetraedrică, ca și cel al tulpinii. Această inițială însă se divide și paralel cu baza tetraedrului, dînd segmente ce vor forma scufia (fig. 123).

La gimnosperme se află două grupuri de inițiale suprapuse, iar la angiosperme mai multe grupuri (fig. 124), din fiecare grup luînd naștere celule care vor da meristeme primare și, prin intermediul acestora țesuturi definitive, diferite după unitățile sistematice cărora le aparțin plantele.

Indiferent cîte celule inițiale are conul vegetativ, orice formă ar avea aceste inițiale și în orice organ s-ar afla, ele se divid mereu și formează un masiv de celule nediferențiate, care constituie meristemul primordial, și el în continuă diviziune. Celulele meristemului primordial se divid în așa fel încît totdeauna membranele noilor celule sînt așezate perpendicular pe pereții celulei-mame. În raport cu conul vegetativ în care se găsesc, celulele meristemice se pot divide *periclinal* sau *anticlinal*. În primul caz, membranele celulelor sînt orientate *paralel* cu suprafața conului vegetativ, pe cînd în cazul al doilea ele sînt *perpendiculare* pe acesta.

2. Meristemele primare. În imediata vecinătate și dedesubtul punctului vegetativ, celulele meristemului primordial, rămînînd nediferențiate, se aranjează în straturi și cordoane de celule, care încă se mai divid și care

formează *foițele histogene* (Hanstein, 1880). La rădăcină se formează trei foițe histogene, și anume *dermatogenul*¹, *periblemul*² și *pleromul*³ (*d*, *pe*, *pl* din figura 124) care vor da respectiv rizoderma, scoarța și cilindrul central al acesteia, pe cînd la tulpină se formează numai două: *tunica* al exterior și *corpusul*, cordonul plin din axul organului (fig. 122, *t* și *c*). Ceva mai departe de vîrf, din foițele embrionare, printr-un început de diferențiere celulară se nasc *meristemele primare*, în număr de trei, și anume: protoderma, procambiul și meristemul fundamental.

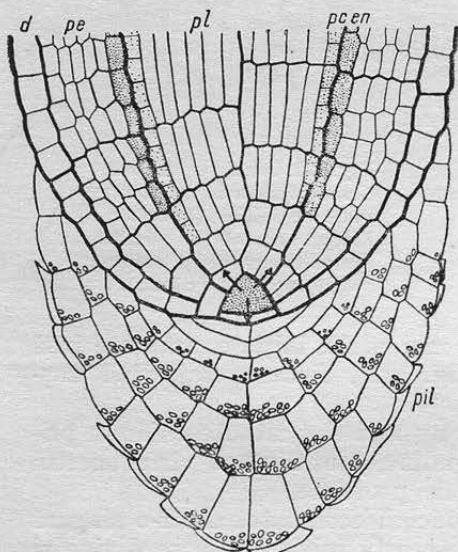


Fig. 123. Punctul vegetativ al rădăcinii de ferigi. Inițiala este punctată. Săgețile arată direcția de diviziune a celulelor-surori:

d — dermatogen; *pe* — periblem; *pl* — plerom;
pc — periciclul; *en* — endoderm; *pil* — piloriză
 (după Stocker).

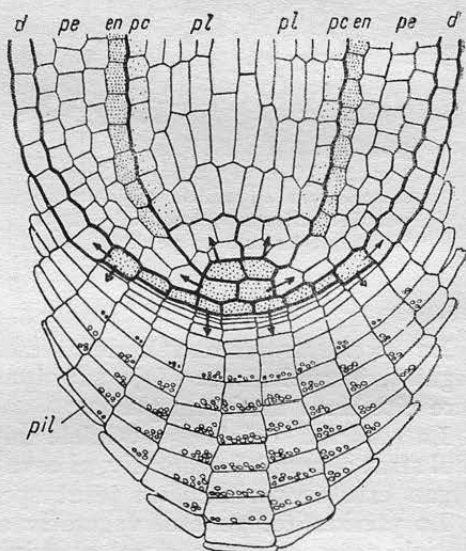


Fig. 124. Punctul vegetativ al rădăcinii de dicotiledonate:

d — dermatogen; *pe* — periblem; *pl* — plerom;
pc — periciclul; *en* — endoderm; *pil* — piloriză
 (după Stocker).

a) *Protoderma* se naște printr-o aranjare regulată a celulelor la exteriorul organului, al cărui prim înveliș îl formează. Celulele sale se divid numai anticlinal. Pe măsură ce se îndepărtează de vîrf, diviziunile acesteia sînt tot mai rare, iar cînd acestea se opresc — fenomen care se întîmplă la o oarecare depărtare de vîrf — începe procesul de diferențiere celulară, care va transforma protoderma — țesut meristematic — în epidermă, țesut definitiv de apărare.

¹ De la grec. *derma*, *dermatos* = piele și *genesis* = naștere.

² De la grec. *periballein* = a înconjura, a îmbrăca.

³ De la grec. *pleroma* = umplutură.

b) *Procambiul* sau *desmogenul*¹ ia naștere în plerom sub forma unui inel sau a mai multor cordoane de celule, care cresc mai mult în lungime, devenind prozenchimatice, și se divid periclinal (fig. 125, *d*). Din procambiu vor lua naștere țesuturile definitive prozenchimatice ale plantelor, și anume țesuturile mecanice și cele conducătoare.

c) *Meristemul fundamental* (fig. 125, *m*) constituie întreaga masă de țesut delimitată de protodermă și care nu ia parte la formarea procambiului.

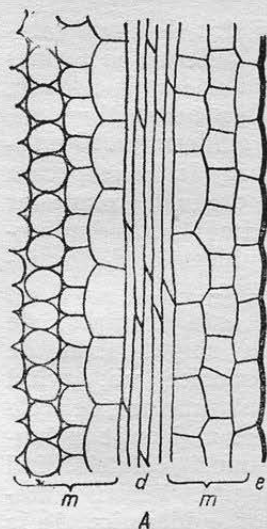
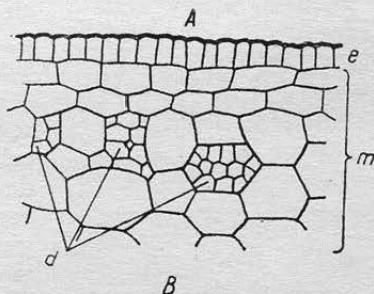


Fig. 125. Secțiune longitudinală (*A*) și transversală (*B*) într-o tulpină foarte tină:

e — protodermă; *d* — procambiu sau desmogen; *m* — meristem fundamental (după Haberlandt).



Meristemul fundamental ia naștere din celulele periblemului și pleromului, care se divid anti- și periclinal și dau celule izodiametrice. Din ele se nasc cele mai multe țesuturi definitive ale plantelor, și anume țesuturile fundamentale sau trofice.

Prin diferențiere celulară, însoțită de pierderea facultății de diviziune, celulele meristemelor primare dau naștere tuturor țesuturilor definitive primare din corpul plantelor.

3. Meristemele secundare. Se numesc astfel, deoarece ele nu iau naștere dintr-un alt meristem primordial sau primar, ci din țesuturi parenchimatice definitive, ale căror celule redobândesc facultatea de diviziune și deci devin pentru a doua oară meristeme. Meristeme secundare apar numai la plantele capabile de îngroșări secundare, cum sînt în special arborii și arbuștii. Țesuturile definitive care se nasc din ele se numesc țesuturi secundare.

Meristemele secundare au totdeauna o poziție laterală în organele plantelor, iar forma celulelor lor este de regulă prozenchimatică. La plante pot apărea două meristeme secundare, și anume *cambiul* și *felogenul*. Ele vor fi studiate cu ocazia îngroșării secundare a rădăcinii și a tulpinii.

¹ De la grec. *desma* = legătură și *genesis* = naștere.

b. Țesuturile de apărare sau învelitoare

Se numesc țesuturi de apărare sau învelitoare acele țesuturi definitive, situate la exteriorul organelor plantelor superioare, care au ca funcție principală apărarea acestora de variațiile dăunătoare ale factorilor mediului exterior și de diferiți dușmani, **animali** sau vegetali.

După originea lor, țesuturile de apărare ale plantelor sînt de două categorii: *primare*, născute din protodermă, care cuprind epiderma și formațiunile sale, și *secundare*, născute din meristemul secundar numit felogen, care cuprind țesuturile suberoase.

1. **Țesuturile epidermice.** Sînt țesuturi de apărare definitive, care învelesc toate organele plantelor cu structură primară, fiind reprezentate prin epidermă și formațiunile epidermice.

a) *Epiderma*¹ este formată, de regulă, dintr-un singur strat de celule parenchimatice, **vii**, avînd de obicei o formă tabelară, pe acele organe care cresc mai mult în lungime (tulpini, ramuri), celulele fiind și ele ușor alungite. Pereții exteriori ai celulelor epidermice de la plantele de uscat sînt mai groși decît cei inferiori sau laterali, fiind bombăți și cutinizați, cerificați sau mineralizați, modificări secundare care îi întăresc, îi fac mai puțin permeabili pentru apă și gaze, deci le mărește eficiența ca țesut de apărare (fig. 126). Pereții laterali ai celulelor sînt mai subțiri, de regulă celulozici, putînd fi drepecți sau ondulați, totdeauna

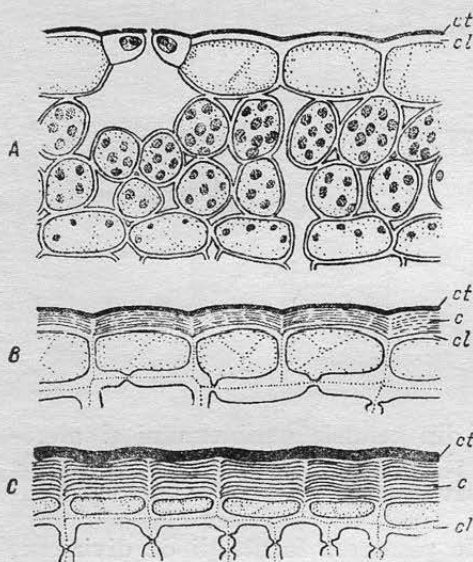


Fig. 126. Epiderma tulpinii: A — la crucifere; B — la cactee (*Cereus*); C — la compozeele suculente (*Kleinia*):

ct — cuticulă; c — membrană celulozică, cutinizată; cl — membrană celulozică necutinizată (după S t o c k e r).

sînt strîns legați unii de alții și uniți intim și cu țesuturile de dedesubt. În interiorul celulei epidermice se află citoplasma, captușind ca un strat subțire membrana pe dinăuntru, nucleul, leucoplaste și o mare vacuolă centrală, plină cu suc celular incolor sau colorat diferit. În mod obișnuit, cloroplastele lipsesc din epidermă; fac excepție epidermele plantelor de apă, acelea ale unor plante de umbră și ale unor ferigi care au cloroplaste în celule.

¹ De la grec. *epi* = deasupra și *derma* = piele.

La multe tulpini și rădăcini, chiar și la unele frunze de conifere, straturile de țesut parenchimatic situate imediat sub epidermă își modifică funcția, alăturându-se epidermei și participând cu aceasta la apărare. Astfel de straturi constituie *hipoderma*¹ și, împreună cu epiderma, alcătuiesc un țesut primar de apărare pluristratificat. Există, în mod excepțional, și epiderme pluristratificate, născute prin diviziuni periclinale ale proto-dermei. Așa este cazul epidermei frunzei de *Ficus*, de *Nerium oleander*, al unor frunze de *Piperaceae* care servesc la depozitarea apei etc.

La multe fructe și semințe, epiderma, pe lângă rolul de a apăra părțile interne ale acestora, mai îndeplinește și alte funcții, ca aceea de răspîndire a semințelor, de fixare a acestora în sol etc. Ca urmare, epiderma acestor fructe și semințe suferă o serie de modificări secundare particulare, care vor fi studiate odată cu respectivele organe.

b) *Formațiunile epidermice* sînt modificări locale ale epidermei, avînd rolul de a-i întări funcția ei de apărare sau de țesut adaptat la reglarea schimburilor de gaze dintre plantă și mediul exterior. Din formațiunile epidermice fac parte și o serie de structuri care n-au rol de apărare, ci mai ales rol secretor, cum sînt stomatele acvifere, nectarinele, glandele digestive și altele, care vor fi tratate cu alt prilej.

Aici vom menționa pe scurt doar două dintre ele, cele mai răspîndite și mai importante, și anume *stomatele* și *perii*.

*Stomatele*² sînt formațiuni epidermice în general răspîndite pe organele aeriene ale plantelor, avînd rolul de a regla schimburile de gaze dintre plantă și mediul exterior. Cum eliminarea vaporilor de apă prin transpirație ferește celulele de o supraîncălzire, stomatele joacă, indirect, și rol de apărare.

O stomată constă din două *celule stomatice* avînd forma reniformă și fiind așezate față în față cu laturile lor concave, astfel încît acestea delimitează un orificiu microscopic numit *ostiolă*, dedesubtul căruia se află un spațiu mare plin cu aer, numit *cameră substomatică* (fig. 127, B). Une-

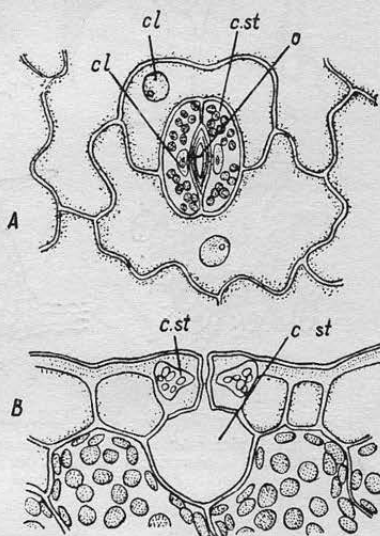


Fig. 127. Structura unei stomate din epiderma de *Thymus serpyllum* (cimbrisor):

A — văzută din față; B — văzută în secțiune perpendiculară pe suprafață; c.st. — celule stomatice; o — ostiolă; c.st. — cameră substomatică; cl — cloroplastele celulelor stomatice (după Jukovski).

¹ De la grec. *hypo* = dedesubt și *derma* = piele.

² De la grec. *stoma*, gen. *stomatos* = gură.

ori, celulele epidermice vecine cu celulele stomatice își modifică și ele forma și iau parte la formarea aparatului stomatic, alcătuind *celulele anexe*.

De remarcat este faptul că, spre deosebire de restul celulelor epidermice, celulele stomatice posedă totdeauna grăuncioare de clorofilă. Fără prezența acesteia nu s-ar putea executa mișcările de închidere și deschidere a stomatelor și acestea nu și-ar putea îndeplini rolul. Amănunte privitoare la

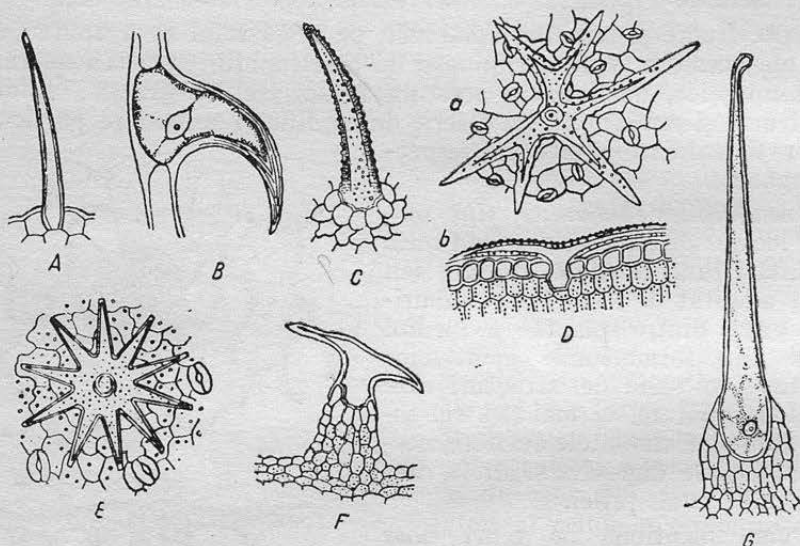


Fig. 128. Tipuri de perii unicelulari:

A — păr de piciorul-cocoșului; B — păr de *Galium aparine*; C — păr de *Campanula*; D — păr stelat de traista — ciobanului: a — văzut din față; b — în secțiune; E — păr stelat de *Deutzia scabra*; F — păr de hamei; G — păr de urzică (după Grințescu).

constituția și tipurile de stomate vor fi date cu ocazia studiului frunzei, aceasta fiind prin excelență organul ce poartă stomate.

*Perii sau trichomii*¹ reprezintă excrescențe ale pereților externi ai unor celule epidermice, de formă, dimensiuni, structură și cu funcțiuni dintre cele mai variate, putând servi adesea la determinarea unor specii sau la denumirea unor tipuri de frunze.

Perii pot fi unicelulari (fig. 128) sau pluricelulari (fig. 129), simpli sau ramificați, vii sau morți, terminându-se ascuțit sau măciucat, putând avea și un aspect solzos sau stelat etc. Membranele perilor sînt de regulă mineralizate, fiind impregnate cu SiO_2 , CaCO_3 etc., dar ele pot fi și lignificate (la dovleac). După rolul lor, perii pot fi *protectori*, *agățători*, *secretori*, *sensitivi*, *absorbantți* (perii radiculari), peri care *înmagazinează apă* (pe frunzele unor plante tropicale) etc. Aici ne interesează în primul rînd perii protec-

¹ De la grec. *thrix*, gen. *thrīchos* = păr.

tori. Aceștia apără plantele față de ierbivore, de melci, omizi sau de insecte *fitofage*¹ și, prin desimea și conformația lor, micșorează transpirația, apărând plantele contra unei prea mari pierderi de apă. Un rol eficient în apărarea împotriva animalelor îl joacă perii *urticanți* (fig. 128, G). Aceștia sînt peri unicelulari de dimensiuni foarte mari, avînd o formă piriformă, cu baza înfiptă într-un fel de soclu pluricelular produs de epidermă. Membrana

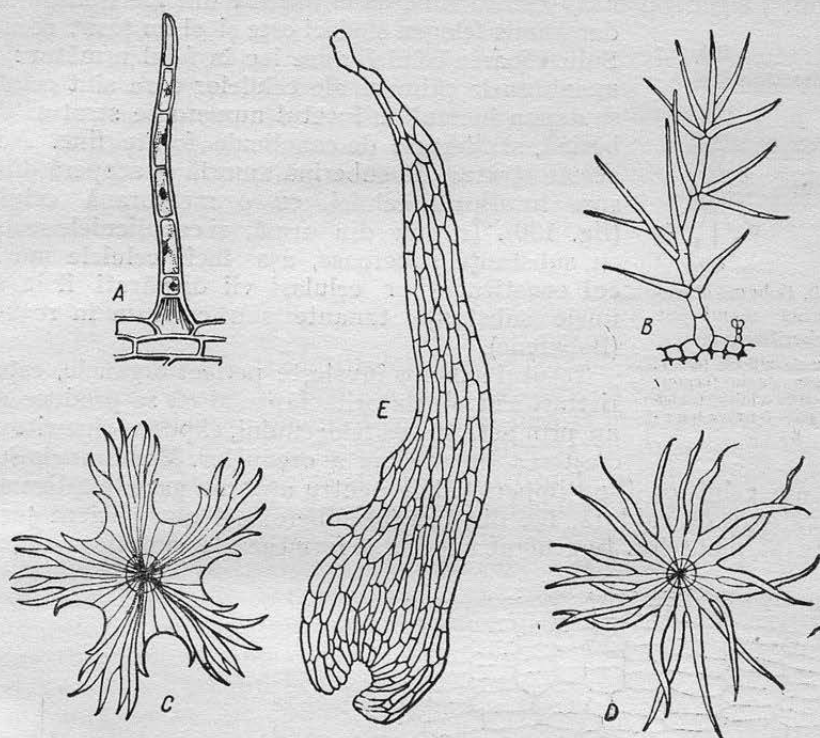


Fig. 129. Tipuri de peri pluricelulari:

A — păr de *Stellaria media*; B — păr de *Verbascum thapsiforme*; C, D — peri stelați de *Elaeagnus*; E — păr solzos de ferigă (după Grințescu).

părului este mineralizată, fiind calcifiată spre bază, silicifiată la vîrf. Părul se termină cu o măciucă înclinată, la baza căreia membrana a rămas subțire, astfel încît la cea mai ușoară atingere se rupe. Marginile silicifiată și ascuțite ale părului se înfig în pielea animalului, iar părul își varsă aici suculel său celular, în care se află formiat de Na, histamină și acetilcolină, substanțe care produc usturimea caracteristică urzicării.

La formarea unor țepi protectori, cum sînt cei de măceș, de mure sau de salcîm, participă pe lîngă epidermă și țesuturile situate dedesubtul aces-

¹ De la grec. *phyton* = plantă și *phagein* = a minca.

teia. Astfel de formațiuni cu origine mixtă poartă numele de *emergente*.

2. Țesuturile secundare de apărare. Se numesc astfel deoarece iau naștere dintr-un meristem secundar. Li se spune și *țesuturi suberoase* deoarece celulele lor alcătuitoare au membrane suberificate. În mod excepțional se pot întâlni în corpul plantelor și țesuturi suberificate primare: așa este exodermul rădăcinilor sau benzile de suber din celulele endodermului multor rădăcini. În general însă, țesutul suberos ia naștere din meristemul secundar numit felogen și deci este și el un țesut secundar.

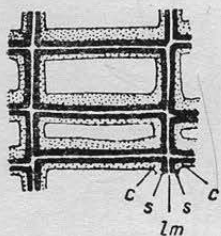


Fig. 130. Schema structurii unei membrane suberificate :

lm — lamela mijlocie (albă);
s — lamele de suberină (negre);
c — straturi de celuloză (punctate) (după Strasburger).

Suberificarea celulelor are loc în felul următor: peste membranele primare ale celulelor care sînt celulozice se depun încetul cu încetul numeroase straturi de suberină, străbătute de canalicule foarte fine. Adesea, aceste straturi de suberină amorfă se acoperă din nou, spre interiorul celulei, cu o membrană celulozică (fig. 130). În cele din urmă, și canaliculele se astupă cu substanțe suberoase, așa încît celulele mor. Locul constituenților celulari vii dispăruți îl ia aerul, unele substanțe tanante sau colorate în roșu-brun (flobafene).

Țesutul suberos învelește perfect organele, este pluristratificat și, datorită faptului că se produce an de an prin activitatea felogenului, el poate ține ritmul cu creșterea în grosime a organelor. Membranele suberificate ale celulelor fiind impermeabile pentru apă sau gaze, elastice și rele conducătoare de căldură, fac din țesutul suberos cel mai eficient țesut de apărare al plantelor. În general, suberul se formează la suprafața organelor

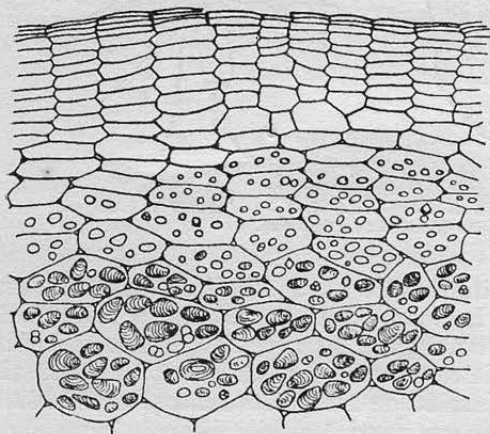


Fig. 131. Suber secundar din pielea tuberculului de cartof (după Guillaumond).

pe care le învelește și le apără; mai rar însă el poate lua naștere și în țesuturile primare ale scoarței situate mai adînc, cum este cazul la salcîm, dracilă, glădiță etc., sau chiar în cilindrul central, ca la *Ribes* (strugurași). Straturile de suber pot fi egal de groase în jurul organului sau pot prezenta

creste longitudinale proeminente pe suprafața multor tulpini, cum sînt cele de ulm, arțar, salbă-moale etc.

Uneori, celulele suberificate rămîn cu membranele foarte subțiri; așa este cazul la *Quercus suber* (stejarul-de-plută) sau la pielea care învelește tuberculii de cartof (fig. 131), al căror ansamblu formează așa-numitul *suber moale*. Alteori, din contră, membranele celulelor suberificate sînt foarte groase, alcătuiind *suber tare*, cum este cel de fag. La mesteacăn alternează straturi de suber moale cu suber tare.

Cu tot învelișul exterior impermeabil, țesuturile vii de dedesubtul acestuia nu se „sufocă” și pot întreține schimburi de gaze cu mediul exterior, deoarece din loc în loc felogenul dă naștere unor formațiuni adaptate la această funcție, numite *lenticеле*. Asupra lenticелеlor, ca și asupra țesutului complex, zbîrcit și crăpat care învelește tulpinile arborilor bătrîni, și care se numește *ritidom*, vom insista cu ocazia structurii secundare a tulpinii.

c. Țesuturile fundamentale

Țesuturile fundamentale constituie cel mai răspîdit tip de țesut din organele plantelor cu structura primară, al căror corp, cu excepția epidermei, a țesuturilor mecanice și conducătoare, este format în întregime din astfel de țesuturi. Mulți histologi consideră țesuturile fundamentale ca avînd rol de umplutură și le aseamănă cu țesutul conjunctiv al animalelor.

Din punct de vedere histologic, țesuturile fundamentale se caracterizează prin celule totdeauna parenchimatice, care pe secțiune transversală apar rotunde, ovale sau poligonale, cu pereții subțiri și de regulă celulozici, cu punctuațiuni. Celulele sînt totdeauna vii chiar și în rarele cazuri cînd membranele lor se lignifică. Între celule se găsesc numeroase spații intercelulare, care comunică unele cu altele, formînd un adevărat sistem de canale cu aer, ce străbat țesutul în toate direcțiile.

Din punct de vedere fiziologic, celulele țesuturilor fundamentale sînt puțin diferențiate și, ca urmare, ele se pot adapta la cele mai diferite funcțiuni, mai ales legate de procesul de nutriție, de unde și numele lor de *țesuturi trofice*¹.

Ca origine, toate țesuturile fundamentale aflate în plantele cu structură primară, unde constituie scoarța rădăcinilor și tulpinilor, măduva, mezofilul frunzelor, țesuturile de depozitare din fructe, semințe, rizomi, tuberculi și bulbi etc., sînt țesuturi primare și se nasc din meristemul fundamental. La arborii cu structura secundară, razele medulare și parenchimurile liberiene și lemnoase sînt țesuturi fundamentale secundare, avînd originea în cambiu.

După rolul pe care-l îndeplinesc, parenchimurile fundamentale pot fi clasificate în patru categorii, și anume: parenchimuri absorbante, asimilatoare, de depozitare și aerifere.

¹ De la grec. *trophē* = hrană.

a) **Parenchimurile de absorbție** au rolul de a absorbi apa cu substanțele minerale dizolvate în ea din sol sau din aer și de a o transmite vaselor care o vor transporta mai departe, acolo unde este nevoie de ea. Astfel de parenchimuri se găsesc în zona perișorilor absorbantă a tuturor rădăcinilor. De asemenea, cotiledonul semințelor de cereale posedă un strat special absorbant, care hidrolizează, cu ajutorul fermenților, rezervele organice din sămânță, le absoarbe și le cedează embrionului în curs de încolțire. Tot între parenchimurile de absorbție se socotesc perii și solzii de pe frunzele unor specii epifite de plante, cum sînt: *Vriesea*, *Bilbergia*, *Heliotropium* și altele, specii care trăiesc la ecuator, unde plouă zilnic, și ai căror peri sau solzi absorb apa de ploaie și o cedează țesuturilor situate dedesubt.

b) **Parenchimurile asimilatoare**, numite și *parenchimuri clorofilene* sau *clorenchimuri*, se caracterizează prin prezența cloroplastelor în celulele lor, care le dau culoarea verde, și cu ajutorul cărora organele verzi realizează fotosinteza. Asemenea țesuturi se găsesc în tulpinile verzi și ierboase, în ramurile tinere, în peșiolurile frunzelor, dar organul în a cărui constituție predomină clorenchimul și în care acesta îmbracă cele mai variate aspecte este limbul frunzelor late. De aceea, diversele varietăți de clorenchimuri vor fi tratate la structura frunzei.

c) **Parenchimurile de depozitare** sînt adaptate la înmagazinarea rezervelor de substanțe organice. Astfel de țesuturi se găsesc mai ales în tulpinile subterane ale plantelor: rizomi, tuberculi, bulbi (v. fig. 131), apoi în semințe, fructe, tulpini aeriene și, mai rar, chiar în frunze, ca la *Agave americana*. Tot așa de variate ca și țesuturile de depozitare sînt și substanțele depozitate: amidon, inulină, zaharoză, protide, lipide etc. Unele dintre acestea se găsesc sub formă de incluziuni ergastice, figurate, în citoplasmă (amidonul, grăsimile), altele în vacuole (aleurona sub formă solidă, zaharoza și inulina dizolvate în suc celular). Mai rar, ca în cazul semințelor de cafea, al celor de *Lupinus* (o leguminoasă) sau în simburii de curmal, substanțele de rezervă formate din hemiceluloze se depun chiar în membranele celulelor, pe care le îngroașă foarte mult.

O mențiune specială merită acele țesuturi de depozitare care acumulează rezerve de apă și, ca urmare, se mai numesc și *țesuturi acvifere*. Asemenea țesuturi posedă toate plantele suculente, adaptate să trăiască în regiuni secetoase (cactușii), precum și unele plante de sărătură (*Salicornia*) sau de terenuri pietroase, ca *Agave*.

Parenchimurile acvifere sînt formate din celule mari, cu pereți subțiri și citoplasmă puțină, dar cu vacuole foarte mari, pline cu un suc celular concentrat și bogat în mucilagii care leagă apa și o cedează foarte greu.

Un rol analog joacă și așa-numitele *celule buliforme* din frunza unor graminee, ca porumbul, *Arundo donax* și altele, celule mari, în formă de burduf, cu pereți subțiri, intercalate în epidermă și mezofil și putînd înmagazina apă.

d) **Parenchimurile aerifere**, numite și *aerenchimuri*, sînt țesuturi foarte răspîndite la plantele acvatice, fie ele plutitoare pe apă sau sub apă, fie fixate de fundul mîlos al mlaștinilor și bălților, țesuturi caracterizate printr-

un sistem variat de lacune pline cu aer. Acest aer de rezervă micșorează greutatea specifică a respectivelor plante, permițându-le să plutească sau să-și mențină organele în poziție verticală. De asemenea, aerul din lacune constituie un fel de atmosferă internă de rezervă, în care planta depune sau din care ia O_2 sau CO_2 necesare funcțiunilor sale, gaze care în apă nu se găsesc totdeauna și nici în proporții suficiente.

Dintre plantele noastre acvatice sau de baltă au aerenchimuri bine dezvoltate: pipirigul (în măduvă), *Myriophyllum* (în tulpină, fig. 132), *Vallisneria spiralis*, *Elodea canadensis*, nuferii (în pețiol) etc.

Spațiile intercelulare, originea și rolul lor. După cum am văzut, una din caracteristicile principale ale țesuturilor fundamentale este prezența, între celulele lor, a unor spații în număr, de mărime și forme foarte variate, numite *spații intercelulare*. Aceste spații n-au existat atîta vreme cît țesutul respectiv se afla în stare de meristem și deci ele au apărut mai tîrziu, în decursul procesului de diferențiere celulară.

Căile prin care iau naștere spațiile intercelulare în țesuturile plantelor sînt trei, și anume: prin dezlipire, prin lichefiere și prin ruperea celulelor.

Modul de apariție a spațiilor intercelulare prin dezlipire se numește *schizogen*¹ și el are loc prin dispariția lamelei mijlocii dintre celule și ușoara îndepărtare a acestora una de alta. În felul acesta se formează ostiolele stomatelor (fig. 133). Calea de apariție a spațiilor intercelulare prin liche-

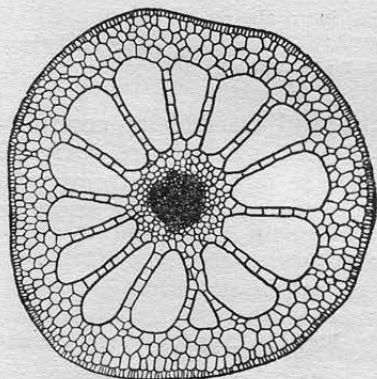


Fig. 132. Secțiune transversală prin tulpina de *Myriophyllum*. Se observă mari lacune aranjate radial (după Troll).

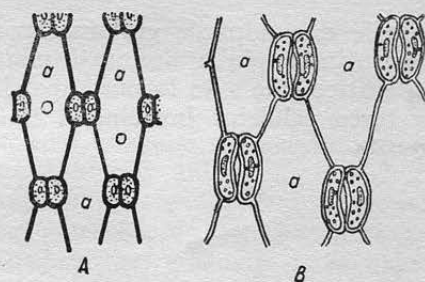


Fig. 133. Formarea ostiolei stomatelor de zambilă pe cale schizogenă:

A — celule stomatice fără ostiolă; B — celule stomatice cu ostiolă; a — celule epimermice (după Grințescu).

fierea unei celule sau a unui grup de celule se numește *lisigenă*². Această lichefiere este provocată de enzime și de regulă ea are loc după ce în prealabil a dispărut lamela mijlocie și celulele s-au îndepărtat pe cale schizo-

¹ De la grec. *schizein* = a despică.

² De la grec. *lysis* = topire

genă. Pe această cale combinată, *schizo-lisigenă*, iau naștere „buzunarele secretoare” din coaja de portocală (fig. 134).

În sfârșit, prin ruperea celulelor iau naștere, de asemenea, mici spații, care, în urma creșterii celulelor vii învecinate, se pot mări. Așa se nasc

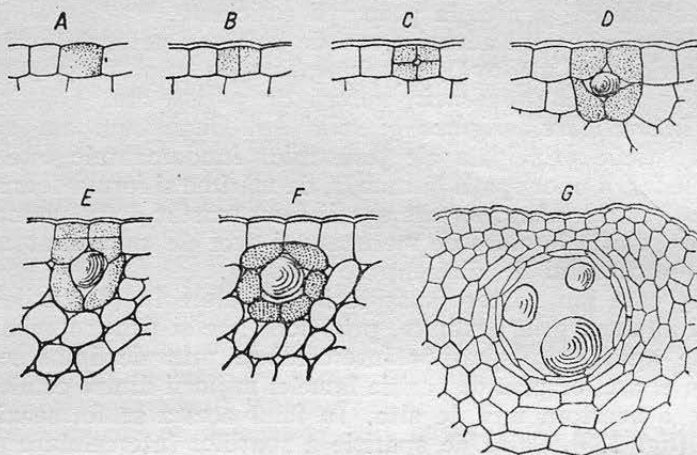


Fig. 134. Formarea buzunarelor secretoare în coaja de portocală, pe cale schizo-lisigenă:

A—G — fazele succesive ale procesului (după Grințescu).

golurile din tulpinile gramineelor sau din interiorul fasciculelor conducătoare din tulpinile aceluiași plante, modul acesta numindu-se *rexigen*¹.

Pe orice cale s-au format, spațiile intercelulare se pot mări ulterior prin creșterea celulelor învecinate. Dacă această creștere are loc în anumite

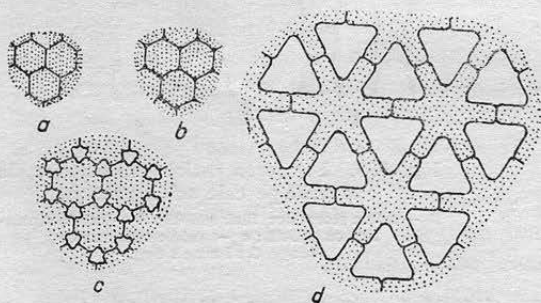


Fig. 135. Apariția parenchimului stelat:

Din celula parenchimatică tină (a), prin creșterea locală a membranelor celulelor, micile spații din b și c se măresc și celulele iau forma stelată (d) (după Tr o i l).

puncte precis delimitate de pe suprafața membranelor celulelor, acestea pot deveni ramificate și pot duce la formarea unui *parenchim stelat* (fig. 135) ca cel din măduva de *Juncus*. Prin diviziunile celulelor din jurul unui mic

¹ De la grec. *rhxis* = rupere

spațiu intercelular și prin creșterile puternice ale noilor celule se nasc *lacunele* din organele plantelor acvatice (v. fig. 132).

De remarcat este faptul că toate spațiile intercelulare dintr-un organ vegetal se află în legătură unele cu altele, constituind un adevărat *sistem de canale*, foarte întortocheat și cu aspecte extrem de diferite, care stă în legătură cu mediul exterior prin stomate și permite circulația gazelor din plante. Pe lângă acest rol, cel mai important, spațiile intercelulare mai pot servi la depozitarea unor produse de secreție (rășini, taninuri, gume etc.).

d. Țesuturile conducătoare

Se numesc conducătoare acele țesuturi formate din celule foarte specializate, care asigură circulația apei cu substanțele minerale dizolvate în ea (soluție numită și *sevă brută* sau *sevă ascendentă*) de la rădăcină pînă la organele care asimilează și circulația apei cu substanțele organice sintetizate prin asimilație (soluție numită și *sevă elaborată* sau *sevă descendentă*) de la frunze și alte organe asimilatoare spre toate celelalte organe consumatoare, sau spre țesuturile de depozitare. Viața plantei este imposibilă fără circulația celor două feluri de sevă prin organismul său.

Nu toate plantele au țesuturi conducătoare specializate. Prezența vaselor, în special a celor lemnoase, reprezintă un mare progres evolutiv al plantelor care le posedă.

În general, cu cît organismul unei plante are dimensiuni mai mari și își ridică în aer mai multe organe, cu atît mai imperioasă este necesitatea lui de a putea face să circule cele două feluri de seve amintite, mai repede și în cantitate mai mare, de la rădăcină la frunze și de la frunze la toate organele consumatoare sau de depozitare.

Această necesitate a dus la specializarea unor celule și la adaptarea lor la funcțiunea de conducere, adaptare manifestată prin alungirea exagerată a lor în direcția circulației sevei și prin perforarea sau chiar dispariția pereților despărțitori dintre celule, adică la transformarea celulelor în vase.

Prezența vaselor caracterizează numai grupele mai evoluate de plante: criptogamele vasculare, gimnospermele și angiospermele.

Vasele nu stau împrăștiate în organele plantelor, ci asociate între ele și amestecate și cu alte țesuturi neconducătoare, formînd un *sistem conducător* unic, neîntrerupt, care străbate întreg corpul plantei, pornind de la rădăcină, trecînd prin tulpină și ramuri și terminîndu-se în frunze, unde alcătuiesc un sistem de nervuri care se pot observa bine și cu ochiul liber, în special pe dosul frunzei. Acest sistem conducător unic opune și o rezistență la rupere remarcabilă.

În cadrul sistemului conducător, vasele, în asociație cu parenchimul și cu fibrele de țesut mecanic, alcătuiesc *fascicule*, a căror constituție și mod de aranjare în rădăcină, tulpină și frunze vor fi studiate o dată cu organele respective.

Țesutul conducător al fasciculelor este alcătuit din *vase* care după forma, structura, funcțiunea și conținutul lor pot fi grupate în două categorii: *vase lemnoase* și *vase liberiene*.

1. **Vasele lemnoase.** Servesc la circulația *sevei brute* și se caracterizează prin forma alungită (prozenchimatică), prin lipsa protoplastului viu și prin membranele lor laterale neuniform lignificate.

După forma și dimensiunile lor, vasele lemnoase aparțin la două categorii: *trahee* și *traheide*.

a) *Traheele*, numite și *vase perfecte* sau *vase deschise*, sînt tuburi lungi, moarte, provenite din fuziunea mai multor celule prozenchimatice suprapuse, ai căror pereți despărțitori s-au perforat, au suferit un proces de lichefiere și au dispărut din regiunea centrală a celei, rămînînd din ei doar un inel pe pereții laterali, sau au dispărut complet și, ca urmare, coloana de celule suprapuse s-a transformat într-un tub cilindric capilar gol la interior. Prin acest vas seva brută poate circula rapid și fără piedici, de unde și numele de vas perfect sau vas deschis ce i s-a mai dat.

Lungimea traheelor, foarte variabilă la diferitele specii de plante, poate atinge mai mulți metri: la stejar pînă la 2 m, la liane (plante agățătoare și volubile sau învîrtitoare) poate atinge 3—5 m și chiar mai mult; la capete, ele se articulează cu alte trahee, formînd un tub continuu în toată planta. Lărgimea traheelor variază de la 10 la 70 μ , cele mai largi găsindu-se tot în tulpina lianelor.

b) *Traheidele* se deosebesc de trahee prin aceea că ele sînt unicelulare, celulele lor prozenchimatice, ascuțite la capete, se articulează unele cu altele, dar fiecare celulă își păstrează toți pereții transversali proprii. Așa fiind, circulația sevei brute prin traheide se face încet și greu, apa trebuind să treacă prin difuziune din celulă în celulă. De aceea traheidelor li se mai spune și *vase imperfecte* sau *vase închise*. Din același motiv, unii autori consideră că numele de vas trebuie rezervat traheelor.

Traheidele sînt o formă mai primitivă a vaselor conducătoare de apă decît traheele; ele sînt singurele elemente lemnoase ale plantelor criptogame vasculare, ale gimnospermelor (cu excepția gnetalelor) și ale unor familii mai primitive de *Angiospermae*, ca *Magnoliaceae*, *Nymphaeaceae* etc.; de asemenea, lemnul plantelor parazite este format numai din traheide.

Lungimea traheidelor variază de la cîțiva microni pînă la 2—3 cm, iar lărgimea de la 1 la 10 μ .

Ca și traheele, traheidele sînt dispuse paralel cu lungimea organelor, fiind formate din celule în formă de coloane suprapuse. Prin pereții lor îngroșați, traheidele, în afară de rolul de conducere, mai îndeplinesc și funcțiunea de țesut mecanic. La conifere, al căror lemn este lipsit de țesuturi mecanice speciale, rezistența mecanică și soliditatea lemnului este asigurată de traheide.

Ca sistem de îngroșare, între trahee și traheide există o mare asemănare; pereții laterali ai ambelor categorii, la început subțiri și celulozici, mai târziu se lignifică în mod neuniform.

Pe lângă lignina ce se depune între microfibrilele de celuloză ale pereților vaselor, modificându-le natura chimică și conferindu-le o mare rezistență la rupere, alte părți de lignină se depun pe pereții interiori ai vaselor îngroșându-i și formează niște *figuri sculpturale* variate. După forma acestor figuri sculpturale de lignină, se pot clasifica vasele — trahee și traheide — în cinci categorii, și anume: inelate, spirale, scalariforme, reticulate și punctate.

Vasele inelate (fig. 136, *a, b*) sînt primele care apar la plante; pereții lor laterali sînt subțiri și celulozici, peste ei însă se dispun îngroșări de lignină sub formă de inele, mai dese în vasele tinere și mai rare în vasele mature. Prezența îngroșărilor în formă de inel nu împiedică alungirea vasului; de aceea, vasele inelate apar în organele tinere, încă în curs de creștere.

Vasele spirale (fig. 136, *c, d, e*) au partea îngroșată a membranei lor dispusă sub formă de una sau mai multe spirale. Și vasele spirale pot ține pas cu creșterea, întrucît spiralele, la început dese, se răresc pe măsura alungirii vasului. Aceste alungiri însă se fac mai greu ca în cazul inelelor și sînt limitate.

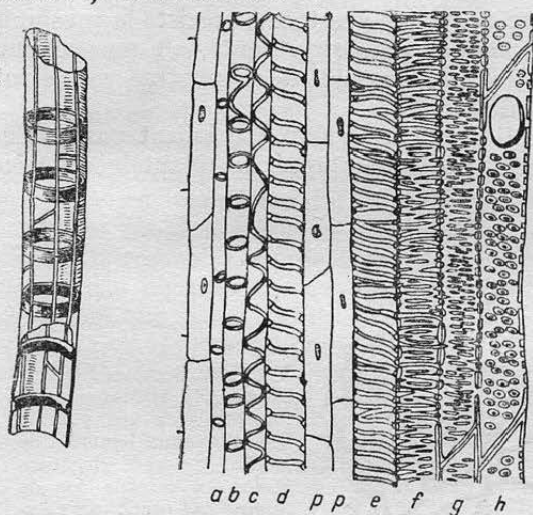


Fig. 136. Secțiune longitudinală prin lemnul unui fascicul:

a, b — vase inelate; *c, d, e* — vase spirale; *p* — parenchim lemnos; *f* — vas scalariform; *g* — vas reticulat; *h* — vas punctat (după Strasburger).

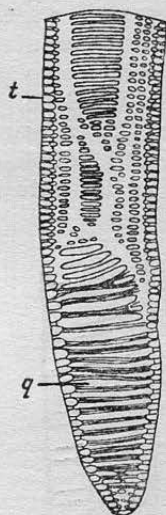


Fig. 137. Terminația unei traheide scalariforme din rizomul ferigei *Pteridium aquilinum*:

t — perete lateral; *q* — perete terminal (după Strasburger).

Cîteodată, cînd alungirea vasului se face prea repede, îngroșările spirale se dezlipesc de pereții laterali și rămîn libere în vas sub forma unui resort.

Vasele scalariforme (fig. 136, *f* și 137) sînt mai ales traheide din lemnul criptogamelor vasculare la care îngroșările de lignină sînt dis-

puse transversal și în serii paralele, ca fusele unei scări, despărțite prin porțiuni de membrană neîngroșate (fig. 137).

Vasele reticulate (fig. 136, *g*) au îngroșările de lignină dispuse sub forma unei rețele mai mult sau mai puțin complicate, ale cărei ochiuri sînt singurele porțiuni din peretele vasului rămase subțiri și celulozice. Se înțelege că o asemenea rețea deasă de îngroșări nu mai permite vasului să se alungească.

Vasele cu punctuațiuni sau punctate (fig. 136, *h*) sînt acelea la care pereții sînt îngroșați și lignificați peste tot, cu excepția unor foarte mici suprafețe rămase subțiri, care la microscop apar ca niște orificii sau puncte, de unde și numele vasului.

Vasele punctate sînt cele mai bine întocmite pentru conducerea lichidelor și ele sînt cele mai răspîndite la angiosperme.

Ca origine, vasele lemnoase pot fi *primare*, cînd iau naștere din meristemul primar (*procambiu*) prin alungirea celulelor, îngroșarea caracteristică a membranelor, dispariția protoplastului și perforarea sau dispariția pereților despărțitori ai celulelor, sau *secundare*, cînd iau naștere din meristemul secundar numit *cambiu*.

Îngroșările vaselor lemnoase fac ca pereții acestora să reziste la presiunile laterale exercitate asupra lor de celulele vii, turgescențe, ale parenchimurilor vecine cu vasele. De asemenea, ele au rolul de a menține vasele totdeauna deschise, permițînd circulația.

Funcțiunea principală la îndeplinirea căreia s-au specializat vasele lemnoase este, după cum am amintit, *conducerea apei*. La plantele acvatice, numărul lor este foarte redus.

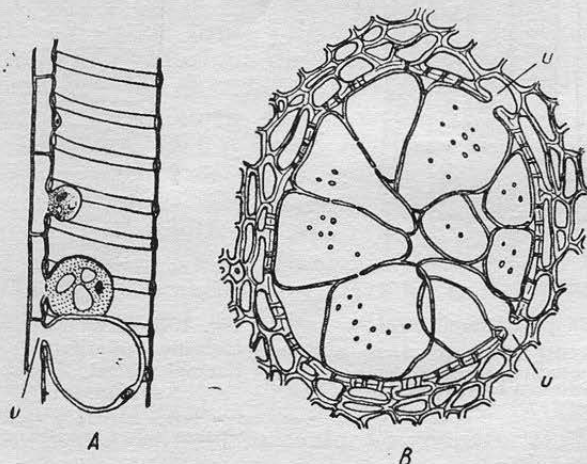


Fig. 138. Secțiune longitudinală (*A*) și transversală (*B*) printr-un vas plin cu apă din inima lemnului de salcîm. Se vede legătura tilelor cu celulele lor de origine (*a*) (după Strasburger).

Nu toate vasele pot conduce apă în tot decursul vieții plantei; multe dintre ele, după un oarecare timp de funcționare, se astupă cu niște proeminente în formă de bășici ale celulelor de parenchim lemnos, care pătrund în vas prin porțiunile rămase neîngroșate și se numesc *tile* (fig. 138). Tilele

se formează în număr constant, caracteristic pentru anumite specii de plante, mai numeroase fiind în inima lemnului decât în porțiunea albă, mai tină, a acestuia. Astupînd vasele, tilele le scot din funcțiune, în schimb împiedică pătrunderea în ele a apei dinafară sau a bacteriilor și ciupercilor parazite care ar distruge lemnul. De aceea, speciile cu multe tile au lemn mai valoros pentru industrie decât cele cu puține tile.

Am descris pînă acum elementele conducătoare ale lemnului. Dar lemnul plantelor, mai ales cel secundar, nu constă numai din vase, ci și din alte *elemente neconducătoare*, în primul rînd din *parenchim lemnos*, apoi din *fibre lemnoase* sau fibre libriforme.

Cînd țesutul lemnos al plantelor este alcătuit numai din vase și parenchim lemnos, așa cum este cazul lemnului primar, ansamblul acestora poartă numele de *hadrom*¹. Dacă la cele trei elemente se adaugă și fibre lemnoase cu rol mecanic, așa cum se întîmplă în cazul lemnului secundar, țesutul lemnos poartă numele de *xilem*².

c) *Parenchimul lemnos* (v. fig. 136, p) însoțește totdeauna vasele și este format din celule vii, ușor alungite, suprapuse în coloane lungi paralele cu axa longitudinală a organelor, celule avînd pereți foarte puțin îngroșați și cu punctuațiuni simple. În aceste celule se depozitează rezerve de substanțe organice, mai ales glucide (amidon).

d) *Fibrele lemnoase*, numite și *fibre libriforme* (fig. 139), sînt elemente mecanice care apar în lemnul secundar al plantelor. Ele sînt celule prozenchimatice fusiforme, destul de scurte, nedepășind de regulă 1,5 mm, avînd pereții mai îngroșați la arborii numiți esențe tari, mai puțin îngroșați la esențele moi, dar totdeauna lignificați și cu punctuațiuni simple în formă de butonieră. De regulă, fibrele sînt moarte și au un rol mecanic; din lemnul secundar al coniferelor lipsesc cu totul. Cînd au protoplast viu, divizat prin pereți transversali în mai multe porțiuni cu cîte un nucleu

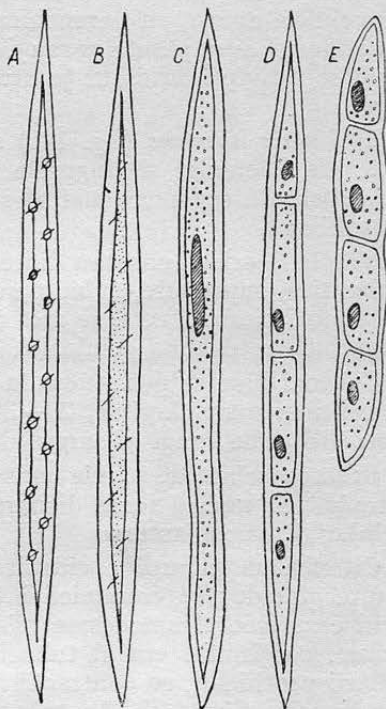


Fig. 139. Tipuri de fibre lemnoase:

A — fibră traheidală; B — fibră lemnoasă cu punctuațiuni în formă de butonieră; C, D, E — forme intermediare între fibra lemnoasă și parenchimul lemnos (după Strasburger).

¹ De la grec. *hadros* = gros.

² De la grec. *xylon* = lemn.

(fig. 139, *d, e*) sau nedivizat, fac trecerea spre parenchimul lemnos și servesc la depozitare ca și acesta. Pe lângă elementele descrise, care se găsesc în lemnul tuturor speciilor, lemnul unor esențe mai poate conține și alte elemente accesorii, de exemplu canale secretoare (conifere, umbelifere), celule cu nisip de oxalat de Ca (solanee) etc.

2 Vasele liberiene. Numite și *tuburi ciuruite*, vasele liberiene împreună cu celulele anexe, cu parenchimul liberian și cu fibrele liberiene mecanice, alcătuiesc *liberul* plantelor sau *floemul*¹. Când din alcătuirea lui lipsesc fibrele, cum se întâmplă în cazul țesutului liberian primar, liberul se numește *leptom*².

a) *Vasele liberiene* (fig. 140) sau *tuburile ciuruite* sînt elementele principale ale floemului și singurele prin care circulă seva elaborată, o soluție de substanțe organice, mai ales protide și glucide, produse prin asimilația clorofiliană.

Vasele liberiene constau din coloane de celule cilindrice alungite, prozenchimatice, suprapuse, avînd pereții despărțitori perforați, de unde și numele de tuburi ciuruite ce li se mai dă. Pereții lor laterali sînt subțiri sau ușor îngroșați, totdeauna celulozici, cu punctuațiuni simple.

Cel mai bine se pot studia la liane, unde ating lungimea de 150—300 μ și cea mai mare lărgime, 20—30 μ . Și cucurbitaceele din flora noastră au vase liberiene lungi și largi.

Spre deosebire de vasele lemnoase, tuburile ciuruite sînt celule vii, avînd citoplasmă, nucleu (care dispare însă foarte de timpuriu), vacuolă cu suc celular și leucoplaste.

Citoplasma tuburilor ciuruite tinere conține granulații de protide și multe glucide; ea comunică între două celule vecine prin placa ciuruită, prin care trec plasmodesme relativ mari. Ea execută mișcări active. Prin fixare, conținutul viu al tuburilor ciuruite se plasmolizează datorită coagulării protidelor, se contractă și permite observarea la microscop a plăcilor ciuruite (fig. 140). La tuburile ciuruite mature, citoplasma este lipsită de membrana exterioară, iar tonoplastul dintre ea și vacuolă dispare, permițînd astfel amestecul citoplasmei și leucoplastelor cu suc celular. La astfel de tuburi ciuruite bătrîne, citoplasma nu mai execută mișcări și nu mai plasmolizează.

Fie tinere, fie bătrîne, vasele liberiene au pereții despărțitori perforați. Li se dă numele de *plăci ciuruite* acestor pereți.

Dacă placa ciuruită se află în poziție orizontală, deci perpendiculară pe pereții laterali ai vasului, ea are un singur cîmp ciuruit și poartă numele de *placă ciuruită simplă* (fig. 140, *c*); dacă are o poziție oblică în vas, ea are mai multe cîmpuri ciuruite și se numește *placă ciuruită multiplă*. Așa este cazul la vița-de-vie (fig. 141, *A, B*).

¹ De la grec. *phloios* = scoarță.

² De la grec. *leptos* = subțire.

Fie simple, fie multiple, plăcile ciuruite se formează și *pe pereții laterali* ai vaselor. Mai ales la conifere, vasele liberiene se caracterizează prin prezența de plăci ciuruite laterale, care la două vase vecine sînt situate la același nivel și permit circulația sevei în sens transversal. La început,

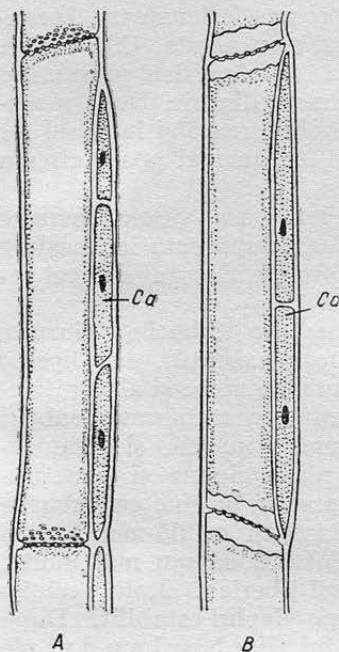


Fig. 140. Vasele liberiene din tulpina de *Cucurbita pepo*:

A, B - tuburi ciuruite în secțiune longitudinală, în stare funcțională (A) și după astuparea plăcii ciuruite cu calus (B); Ca - celule anexe; C - placă ciuruită văzută din față (după Troll).

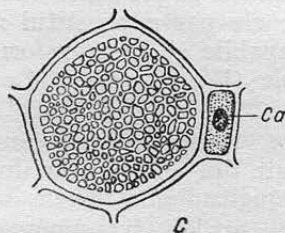
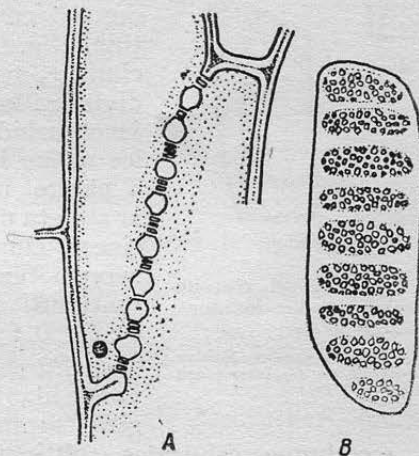


Fig. 141. Placă ciuruită multiplă în vasele liberiene de *Vitis vinifera*:

A - în secțiune longitudinală; B - văzută din față (după Strasburger).



peretele despărțitor dintre două vase este format dintr-o lamă continuă de substanțe proteice și pectoză, fără perforații. Pe această lamă, mai târziu, se depune celuloza sub formă de rețea. Apoi, ochiurile rețelei, deci suprafețele rămase subțiri și fără celuloză, se umflă, se gelifică și în cele din urmă se resorb, dispar, din peretele transversal nemărmînînd decît o membrană cu multe perforații, adică placa ciuruită.

Prin tuburile ciuruite circulă *seva elaborată*. Tuburile ciuruite funcționează un timp destul de scurt: 2 ani la *Tsuga* (conifer), 3-4 ani la tei,

la alți copaci mai puțin, cel mai adesea un singur an. Iarna, plăcile ciuruite se astupă cu caloză (substanță organică de natură glucidică); primăvara, caloza se resoarbe și circulația sevei reîncepe. De multe ori însă, vechile vase nu-și mai reiau funcția, ci mor, fiind înlocuite cu alte vase tinere.

Tuburile ciuruite sînt dispuse în fascicule, ca și vasele lemnoase, înconjurate de parenchim liberian și în strînsă legătură cu acesta. Cîtă vreme sînt vii, prin turgescența lor, ele rezistă presiunilor laterale și prezintă un lumen cilindric. După moarte însă, ele se turtesc, se obliterează și lumenul lor se închide, așa încît prin ele nu mai poate circula seva.

Ca origine, ca și vasele lemnoase, vasele liberiene pot fi *primare* sau *secundare*, după cum iau naștere din meristemul primar procambiu sau din cel secundar numit cambiu.

b) *Celulele anexe* însoțesc tuburile ciuruite ale angiospermelor (cu rare excepții), dar lipsesc din floemul criptogamelor vasculare și al coniferelor. Ele sînt lungi, înguste, cu membrane subțiri și celulozice, cu citoplasmă și nucleu, și care comunică cu vasele prin plasmodesme și punctuațiuni (fig. 142). Ele au aceeași origine cu tuburile ciuruite, provenind din aceeași celulă-mamă prin diviziuni longitudinale. Pot fi două sau mai multe, înconjurînd complet vasul liberian. Rolul celulelor anexe încă nu este pe deplin stabilit. După o părere mai veche a lui *Haberlandt*, ele ar secreta niște hormoni capabili să provoace cariocineze. După alți histologi, ele par a constitui rezerve potențiale de vase, capabile să se transforme în tuburi ciuruite, la nevoie (*Boureaux*, *Mascré*, *Deysson*).

c) *Parenchimul liberian* însoțește totdeauna vasele liberiene. Este alcătuit din celule ușor alungite, suprapuse în serii longitudinale, celule vii,

cu membrane celulozice subțiri, cu citoplasmă, nucleu și numeroase grăuncioare de amidon. Ca și cel lemnos, parenchimul liberian servește drept țesut de depozitare.

d) *Fibrele liberiene* sînt elementele de susținere ale țesutului liberian. Ele sînt celule prozenchimatice, lungi pînă la mai mulți centimetri (la in, cîneapă, ramie etc.) (v. tabelul I), de regulă ascuțite la capete, dar putînd fi măciucate sau crestate, cu membranele foarte îngroșate și cu punctuațiuni simple, putînd fi celulozice (in) sau lignificate (cîneapă). Fibrele liberiene pot avea o origine primară sau secundară. Ele se pot afla în interiorul fasciculelor de vase, acompaniînd liberul, pe care-l întăresc și-l apără

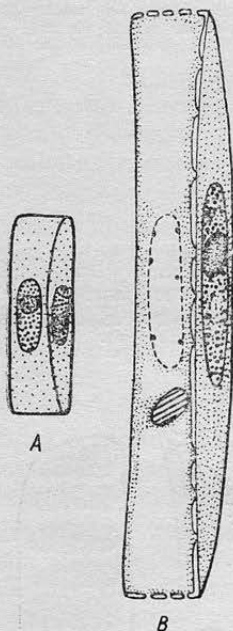


Fig. 142. Tuburi ciuruite cu celule anexe în două stadii de dezvoltare:

în B, nucleul vasului liberian este pe cale de dizolvare (după *Troll*).

în periciclu sau în scoarță, ca la în (fig. 143). La plantele textile, fibrele bune pentru prelucrat sînt totdeauna cele primare. Fibrele liberiene secundare se găsesc numai la plantele dicotiledonate. Ele sînt mai scurte decît cele primare, cu membranele lignificate și cu punctuațiuni areolate.

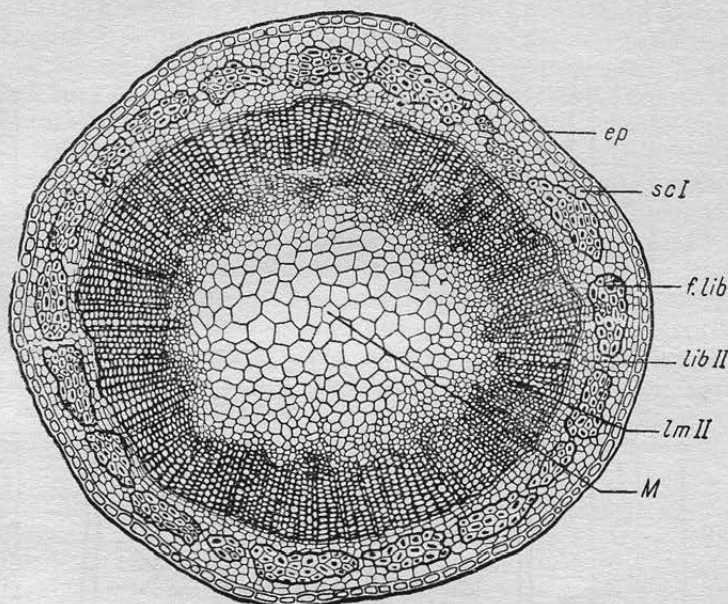


Fig. 143. Secțiune transversală prin tulpina de in :

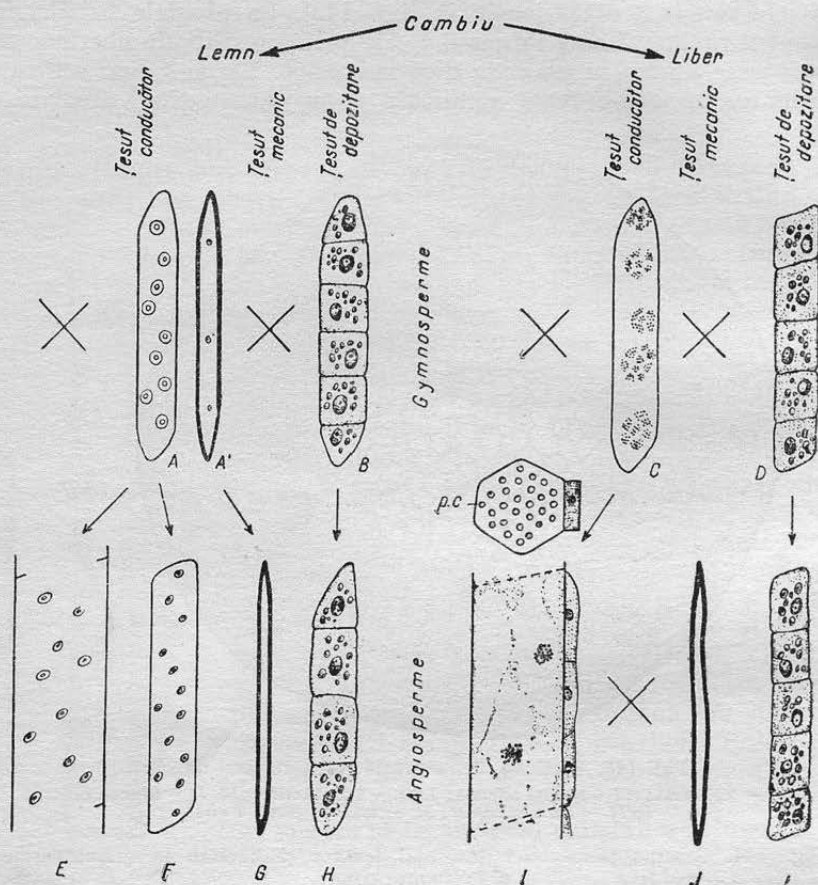
ep — epidermă; *sc I* — scoarță primară; *f. lib.* — fibre liberiene; *lib. II* — liber secundar; *lm II* — lemn secundar; *M* — măduvă (după *T r o i l*).

Fig. 144. Schema elementelor țesutului lemnos și liberian la gimnosperme și la angiosperme: →

La gimnosperme: *A, A'* — traheide din lemn timpuriu și din lemn târziu; *B* — celule de parenchim lemnos cu amidon; *C* — tub ciuruit cu placă ciuruită; *D* — celule din parenchimul liberian.
La angiosperme: *E* — trahee; *F* — traheidă; *G* — fibră lemnoasă; *H* — celule de parenchim lemnos; *I* — tuburi ciuruite cu celule anexe; sus, placa ciuruită (*pc*) văzută din față; *J* — fibră liberiană; *L* — celule de parenchim liberian. Elementele care lipsesc la una din cele două grupe mari de plante sînt însemnate cu $\times$ (după *S t o c k e r*).

În figura 144 sînt redată comparativ elementele țesuturilor conducătoare de la gimnosperme și de la angiosperme.

Ca și în cazul țesutului lemnos, și în cadrul țesutului liberian, pe lângă elementele histologice studiate, care formează constituenții obligatorii ai floemului, se pot găsi și elemente accesorii, cum sînt celulele secretoare (la *Lauraceae*), canalele secretoare (la *Umbelliferae*), celulele mucilagigene (la *Malvaceae*) și mai ales laticifere. Acestea din urmă sînt considerate de mulți histologi drept celule conducătoare și tratate în cadrul țesutului respectiv; alți autori însă le consideră drept elemente secretoare. Și noi le vom studia în cadrul țesuturilor secretoare.



e. Țesuturile mecanice sau de susținere

Țesuturile mecanice sau de susținere constituie o grupare convențională de elemente histologice, avînd rolul de a asigura o anumită soliditate plantelor, fără de care viața acestora este imposibilă. La plantele ierboase, mici, această soliditate este asigurată prin *turgescența celulelor* lor și prin fasciculele de vase, care, pe lîngă rolul de conducere, îl îndeplinesc și pe acela de susținere.

Cele mai multe plante însă prezintă țesuturi specializate la susținere, al căror rol este comparabil cu rolul scheletului animalelor. Ansamblul tuturor țesuturilor de susținere din corpul unei plante poartă numele de *stereom*¹, iar elementele alcătuitoare ale stereomului se numesc *stereide*.

¹ De la grec. *stereos* = tare, solid.

Acestea sînt reprezentate la plante prin fibre liberiene, fibre lemnoase, fibre și celule colenchimatice și celule izodiametrice sclerificate, numite *sclereide*¹ sau *celule pietroase*. Aceste patru categorii de stereide se pot asocia în țesuturi speciale sau pot apărea în grupuri mai mari sau mai mici, uneori chiar ca celule izolate. Modul lor de aranjare în corpul plantelor este determinat de forțele din mediul exterior care se exercită asupra acestora și cărora ele trebuie să le facă față. Un pai de secară, gol înăuntru, înalt pînă la 1,5 m și gros abia de 3 mm, se îndoaie foarte ușor fără să se rupă; un trunchi de stejar cu coroana ramificată trebuie să suporte o mare presiune columnară exercitată asupra lui de greutatea ramurilor, frunzelor și fructelor sale; rădăcinile trebuie să opună rezistență la tracțiune, frunzele la rupere și sfîrtecăre. Pe lîngă soliditate, plantele mai au nevoie de flexibilitate și de elasticitate. La realizarea acestor calități colaborează absolut toate celulele și țesuturile plantei; rolul predominant îl au însă stereidele. Acestea au totdeauna membrane foarte îngroșate și o arhitectură specială, comparabilă cu cea a unei clădiri din beton armat. Armăturilor metalice le corespund la plante țesuturile mecanice, iar cimentului care servește de umplutură îi corespund parenchimurile fundamentale, care întrec în calități elastice cimentul.

Există două țesuturi de susținere la plante: *colenchimul* și *sclerenchimul*.

1. **Colenchimul.** Colenchimul este țesutul de susținere mai ales al organelor tinere ale plantelor, care sînt încă în curs de creștere, proces pe care nu-l împiedică, elementele colenchimului fiind ele însele capabile de creștere. Colenchimul este totdeauna de origine primară și se află numai în organe vegetale cu structură primară: tulpini ierboase, pețioluri, frunze.

Elementele constitutive ale colenchimului sînt mai ales celule lungi, prozenchimatice, numite *fibre de colenchim*, dar uneori pot fi și celule mai scurte, cînd colenchimul face trecerea spre parenchimurile fundamentale. Fie prozenchimatice, fie parenchimatice, celulele colenchimului sînt totdeauna vii și așa rămîn tot timpul vieții plantei. Ele au citoplasmă, nucleu, plastide, uneori chiar cloroplaste, și incluziuni cu substanțe de rezervă. Caracteristica lor principală o constituie membranele foarte puternic și inegal îngroșate cu celuloză și protopectină pe care le posedă. În raport cu modul de îngroșare al membranelor celulelor se disting două varietăți de colenchim: unghiular și tabular.

a) *Colenchimul unghiular*, cel mai des întîlnit la plante, are fibrele îngroșate numai la colțuri, pe unghiul diedru pe care-l fac pereții fibrelor vecine, rămînînd subțiri în celelalte părți (fig. 145).

b) *Colenchimul tabular* sau colenchimul „în plăci”, cum se mai numește, are pereții laterali ai fibrelor îngroșați cu celuloză în așa fel, încît pereții laterali dintre două celule vecine apar ca niște plăci groase, în timp ce pereții terminali rămîn totdeauna subțiri.

¹ De la grec. *skleros* = tare ca piatra.

Colenchimul este un țesut flexibil, puțin elastic, care, grație membranelor sale îngroșate, opune o mare rezistență la rupere. Dispoziția lui în organele plantelor variază: mănunchiuri răzlețe dispuse în tot lungul tulpinilor sub dungile mai proeminente ale acestora, ca la *Umbelliferae*, mase compacte în cele patru muchii ale tulpinilor patrunghiulare de *Labiatae*,

mai rar manșoane cilindrice ca la *Solaneae*. Poziția pe care o ocupă colenchimul în organe este totdeauna superficială, el fiind situat imediat sub epidermă.

Uneori, fibrele de colenchim încep să se lignifice, făcând trecerea spre sclerenchim. Așa este cazul la multe *Piperaceae* și *Podostemonaceae*.

2. Sclerenchimul. Acesta este țesutul scheletic al organelor mature ale plantelor, care nu mai cresc și care pot avea fie o structură primară, fie una secundară. Sclerenchimul conferă plantelor rezistență la presiune, la tracțiune și la îndoire, grație elementelor sale totdeauna puternic, dar uniform îngroșate și lignificate, rareori rămase celulozice.

După forma elementelor sale alcătuitoare, sclerenchimul plantelor este de două categorii: fibros și scleros.

a) *Sclerenchimul fibros* este alcătuit totdeauna din celule foarte lungi, de regulă ascuțite la capete, putând însă fi și lățite sau chiar dințate, cu pereții foarte îngroșați și uniform îngroșați, lumenul fibrei rămânând redus la un canalicul foarte îngust, plin cu aer (fig. 146). În secțiune transversală, fibrele apar cu contur poligonal, cu un lumen central redus la un punct și cu straturile succesive care s-au depus prin apoziție și au îngroșat membrana până la dispariția protoplastului fibrei. Aceste straturi sînt străbătute în sens radial de canalicule simple sau ramificate și de punctuațiuni (fig. 147). Văzute din față, punctuațiunile simple ale fibrelor au forma de butoniere fiind dispuse în lungul fibrei după o linie spi-

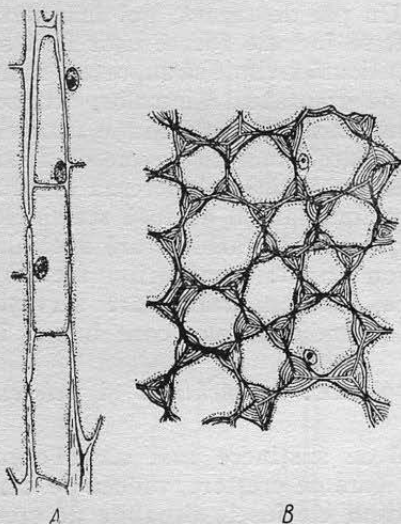


Fig. 145. Fibre de colenchim unghiular în secțiune longitudinală (A) și transversală (B) (după Strasburger).

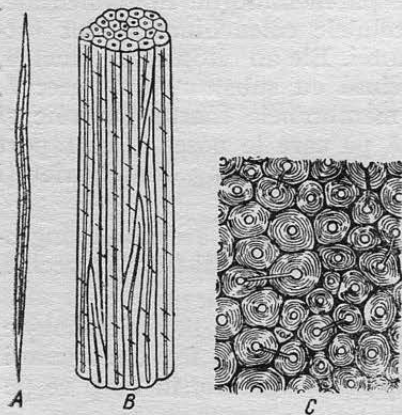


Fig. 146. Sclerenchim:

A — fibră de sclerenchim în secțiune longitudinală; B — mănunchi de fibre; C — fibre în secțiune transversală (după Troll).

rală (fig. 146, A, B). După poziția pe care o ocupă în plante, fibrele de sclerenchim pot fi *corticale*¹, când sînt situate în scoarța primară a plantelor, ca la in (v. fig. 143), *periciclice*, când sînt așezate în primul strat al cilindrului central, ca la tei, *liberiene* sau *lemnoase* (libriforme), când sînt situate în țesuturile conducătoare respective.

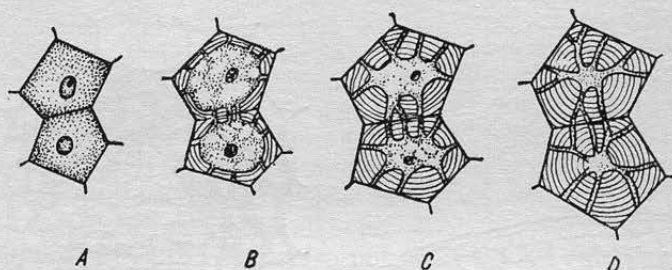


Fig. 147. A, B, C, D — Faze succesive ale îngroșării membranelor la două fibre de sclerenchim (după Bonnier).

Ca origine, fibrele de sclerenchim pot fi *primare*, când iau naștere din procambiu și meristemul fundamental, sau *secundare*, când se nasc din cambiu.

Sclerenchimul primar poate apărea ca niște cordoane izolate de fibre împlîntate în parenchim, ca la in (v. fig. 143), ca niște manșoane cilindrice de sclerenchim înconjurînd complet tulpina și fiind situate în scoarță, ca la *Asparagus* (fig. 148), sau ca niște plăci în formă de scut, care însoțesc fasciculele libero-lemnoase din tulpini și frunze și care pe secțiune transversală apar ca niște arcuri de sclerenchim (fig. 149).

Sclerenchimul secundar este format din fibre liberiene secundare și fibre lemnoase secundare (libriforme) a căror dispoziție în sînul respectivelor țesuturi conducătoare secundare este diferită, după specii.

Dintre steroide, cele mai eficiente ca elemente de susținere sînt fibrele liberiene și în primul rînd cele cu pereții celulozici, cum sînt fibrele de in sau ramie. Într-adevăr, acest fel de fibre se grupează în fascicule strînse, fără spații intercelulare între ele. Membranele lor, cu puține punctuațiuni, sînt foarte îngroșate, dar formate dintr-o serie de cilindri concentrici; microfibrilele de celuloză care alcătuiesc aceste pături, fiind paralele într-o pătură, se încrucișează sub diferite unghiuri cu cele ale păturii precedente și cu ale celei care-i urmează. Cu o astfel de arhitectonică, fibrele liberiene ajung să aibă o elasticitate egală cu a firelor de metal, uneori aproape egală cu a oțelului, și o întindere elastică de 10 pînă la de 50 ori mai mare decît firele metalice cu aceeași grosime. În schimb, după depășirea limitei de elasticitate, ele se rup foarte curînd, în timp ce firele metalice se rup

¹ De la latin. *cortex* (genetiv *corticis*) = scoarță.

numai după ce depășesc aproximativ de trei ori coeficientul de elasticitate. Pentru comparație dăm, după H a b e r l a n d t, câteva exemple în tabelul 5.

Fibrele lignificate, precum și fibrele de colenchim sînt ceva mai în urma fibrelor liberiene în privința elasticității și rezistenței la rupere, iar parenchimurile obișnuite au rezistența de 10–15 ori mai mică.

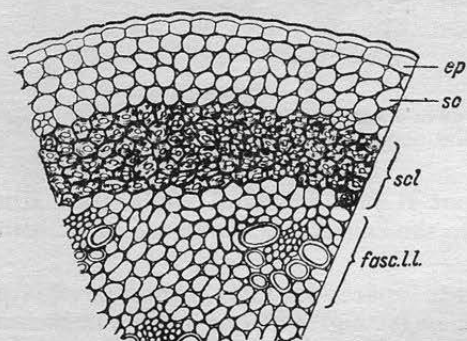


Fig. 148. Secțiune transversală prin tulpina de *Asparagus officinalis*:

ep — epidermă; sc — scoartă; scl — sclerenchim;
fasc. l.l. — fascicule libero-lemnoase
(după Grințescu).

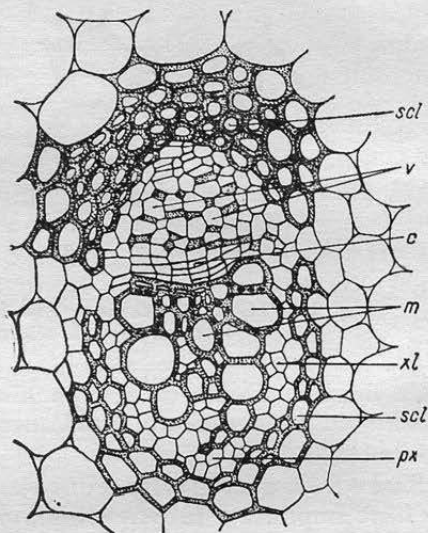


Fig. 149. Secțiune transversală printr-un fascicul libero-lemnos colateral-deschis de *Ranunculus repens*:

px — protoxilem; m — metaxilem; c — cambiu fascicular; v — tub ciuruit; xl — parenchim lemnos; scl — țeci de sclerenchim (după Strasburger).

Tabelul 5

Coeficienții de elasticitate și rupere ai unor fibre liberiene în comparație cu firele metalice

Firul	Coeficient de elasticitate*	Coeficient de rupere	Alungirea la limita elasticității, în miimi
<i>Dracaena indivisa</i>	17	21,8	13,3
<i>Phormium tenax</i>	20	25	13
<i>Hyacinthus orientalis</i>	12,3	16,3	50
Fir de argint	11	29	—
Fir de fier	13,3	40,9	0,67
Fir de oțel	21,6	82	1,20

* Coeficientul de elasticitate este numărul maxim de kilograme care trebuie fixate la capătul unui fir cu secțiunea de 1 mm² spre a-i produce întinderea maximă, fără să mai revină, iar coeficientul de rupere este greutatea care provoacă ruperea unui fir cu secțiunea de 1 mm².

b) *Sclerenchimul scleros* este țesutul tare, format din sclereide izodiametrice, care alcătuiește simburii de piersici, prune, vișine, caise etc., sau endocarpul de nucă obișnuită și mai ales de nucă de cocos, foarte gros și tare ca piatra.

Uneori, celulele „pietroase” se pot găsi ca grupuri mici, insule tari înglobate în carnea unor fructe, cum sînt gutuile, unele soiuri tîrzii de pere etc., unde formează așa-numiții *noduli* (fig. 150). Alteori, cum este cazul tegumentului seminal al multor leguminoase, celulele pietroase se alungesc și se aranjează în palisadă, perpendicular pe suprafața seminței (fig. 151). Mai rar se pot întîlni chiar celule pietroase izolate, înglobate în țesuturi sub formă de idioblaste, ca în cazul frunzelor de ceai (fig. 152). Modul de aranjare a țesuturilor mecanice în organele plantelor diferă de la un organ la altul: există un stereom al rădăcinii, altul al tulpinii sau frunzei. Asupra acestei probleme vom reveni cu ocazia studiului tulpinii, aceasta fiind organul cu cel mai variat și dezvoltat stereom.

f. Formațiuni secretoare și excretoare

Locul celulelor și formațiunilor secretoare ar trebui să fie printre parenchimurile fundamentale, după țesutul asimilator sau de depozitare, deoarece și ele produc substanțe cu rol biologic. În realitate, elementele secretoare nu formează țesuturi veritabile, ci sînt celule izolate sau mici grupări de celule, cu formă, alcătuire și funcțiuni foarte variate. Caracterul lor comun este doar acela că ele s-au specializat în elaborarea unor substanțe chimice în cantități foarte mari, pe care apoi le elimină din celule sau le depun chiar în interiorul acestora. Dacă aceste substanțe vor putea fi întrebuințate din nou de plante în nutriție, ele se consideră drept *produse de secreție*. Dacă, din contră, produsele elaborate de celule se elimină definitiv din circuitul metabolic al plantei, ele se consideră *produse*

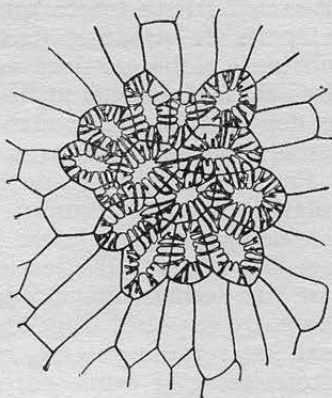


Fig. 150. Brachisclereide din nodulul de pară (după Troll).

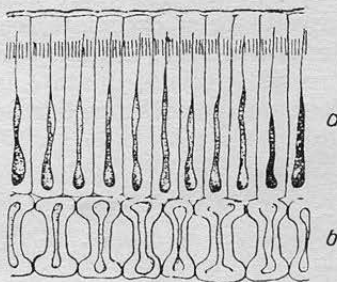


Fig. 151. Celule sclerificate din tegumentul semințelor de bob, dispuse în palisadă:

a — celule epidermice; b — celule în formă de mosor (după Beck).

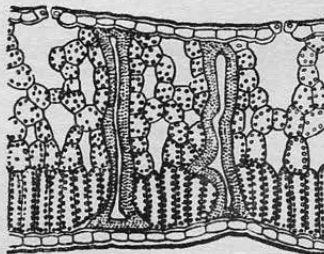


Fig. 152. Secțiune transversală prin frunze de ceai. Se văd idioblastele (după Troll).

de excreție. Este foarte greu să se facă o distincție netă între aceste două categorii de produse, deoarece nu se poate preciza despre cele mai multe substanțe elaborate dacă vor mai fi sau nu reintroduse de către plantă în circuitul metabolic și utilizate de către aceasta. Nici criteriul locului unde se depun substanțele elaborate — în celulă sau în afara ei — nu este destul de riguros pentru a deosebi celulele secretoare de cele excretoare.

Produsele elaborate de celule sînt foarte numeroase și variate: uleiuri volatile, rășini, balsamuri, gume, mucilagii, alcaloizi, taninuri, oxalat de calciu, apă, nectar, latex. Tot așa de variate sînt și elementele anatomice care le produc. O clasificare artificială a lor, dar ușoară și comodă, este aceea care ține seama de locul unde se depun produsele elaborate. Din acest punct de vedere se pot distinge trei mari categorii de astfel de elemente, și anume: celule secretoare externe, celule și țesuturi care-și varsă produsul în spații intercelulare și celule care-și depun produsele intracelular.

1. Celulele secretoare externe. Elimină produsele elaborate la exterior. În această categorie intră: papilele secretoare, perii secretori, glandele secretoare, glandele digestive, hidatodele și nectarinele.

a) *Papilele secretoare* sînt celule epidermice de pe petalele multor flori mirositoare și catifelate, cum sînt cele de trandafir, panseluțe (fig. 153), lăcrămioare etc., sau de pe ramurile tinere de mesteacăn și alți arbori, avînd o formă specială, dilatată la bază și mai îngustă spre vîrf, care produc un ulei volatil ce difuzează în aer și căruia îi dătoresc mirosul lor cele mai multe flori.

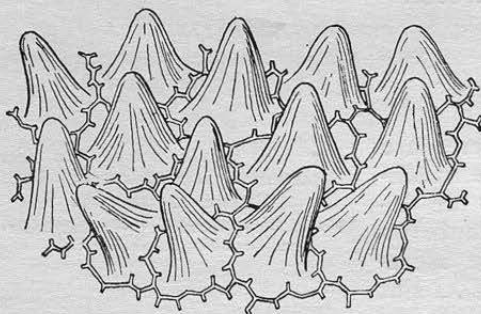


Fig. 153. Papile secretoare de pe suprafața epidermei petalelor de *Viola tricolor* (după Mevius)

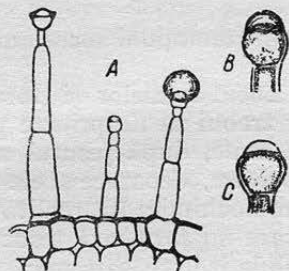


Fig. 154. Perii secretori de pe frunzele de *Primula sinensis*: A — o parte din secțiunea transversală prin petiol, cu trei perii secretori; B — vîrful părului; C — vîrful părului după eliminarea secreției (după Strasburger).

b) *Perii secretori* sînt formații epidermice ale frunzelor și tulpinilor, avînd una sau mai multe celule secretoare. Alcătuirea lor variază la diferite plante. Cel mai simplu păr secretor este cel de *Primula sinensis* (ciuboțica-cucului — fig. 154). Un astfel de păr constă dintr-o celulă numită țîțînă, înfiptă în epidermă și dintr-un picioruș pluricelular avînd la vîrf o singură celulă

secretoare. Uleiul eteric secretat se adună mai întâi între membrana celulozică a celulei și cuticula acesteia, pe care o bombează, apoi difuzează în aer.

La *Mentha* (izvă) și alte labiate, perii secretori au opt celule secretoare, așezate în formă de rozetă pe un scurt picioruș unicelular (fig. 155). Toate celulele secretoare au o cuticulă comună, pe care uleiul eteric secretat o face să se bombeze.

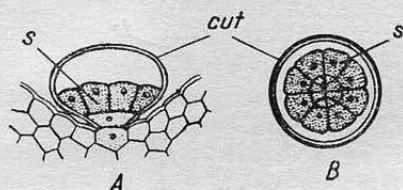


Fig. 155. Peri secretori de *Mentha*:
A — secțiune longitudinală B — secțiune transversală; s — celule secretoare; cut — cuticulă (după Bonnier).

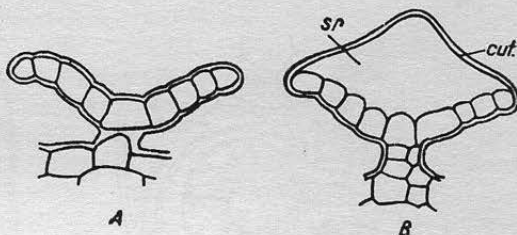


Fig. 156. Glande secretoare de pe bracteele florilor femeiești de hamei:
A — glandă tină; B — glandă adultă, cu produs de secreție (sr); cut — cuticulă (după Ullrich).

La *Humulus lupulus* (hamei), îndeosebi pe bracteele inflorescenței femeiești, se găsesc niște glande secretoare, multe celule secretoare aranjate în formă de cupă pe un scurt picioruș, acoperite cu o cuticulă comună (fig. 156).

c) *Glandele digestive* se află numai la plantele *carnivore* sau *insectivore* și ele reprezintă peri secretori pluricelulari care produc fermenți proteolitici, capabili să hidrolizeze corpul insectelor captate de acestea prin diferite mijloace, transformându-le în produși mai simpli, care pot fi apoi absorbiți și utilizați de către plantă.

La *Pinguicula vulgaris*, toată glanda constă din patru celule secretoare dispuse în rozetă pe un picior unicelular, situate pe frunze. La *Nepenthes*, glandele sînt formate dintr-un masiv de celule secretoare, fără pedicel, așezate la subsuoara unor proeminențe în formă de pleoape pe care le formează epiderma urnei (fig. 157); ele stau în legătură cu traheidele. La *Drosera rotundifolia* (roua cerului), glandele sînt emergente lung pedicelate, măciucate, constînd din două rînduri de celule secretoare (fig. 158, cs), care formează un adevărat epiteliu secretor. Piciorul glandei este străbătut de traheide.

d) *Hidatodele* sînt formațiuni epidermice prin care se elimină din plante apa, sub formă de picături, fenomen numit *gutație*¹, atunci cînd condițiile exterioare nu permit efectuarea transpirației, care este modul obișnuit de eliminare a apei sub formă de vapor.

Există două categorii de hidatode: active și pasive. *Hidatodele active* sînt peri epidermici pluricelulari care absorb apa în exces din frunze și o elimină

¹ De la franc. *goutté* = picătură.

afară sub formă lichidă. Astfel de hidatode se află pe frunzele de fasole (fig. 159) și ele nu au nici o legătură cu nervurile frunzelor. *Hidatodele pasive*, din contră, stau în legătură cu ultimele traheide ale nervurilor frunzelor. Ele se pot găsi în vârful frunzelor, ca la graminee, în vârful dințișorilor de pe marginea frunzei, ca la *Alchemilla* sau *Fuchsia*, sau în punctele de pe marginea limbii foliar, unde se termină nervurile mai mari ale acestuia,

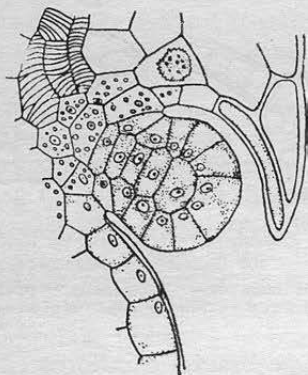


Fig. 157. Glande digestive din urna de *Nepenthes* (după Ullrich).

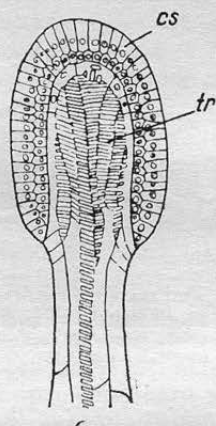


Fig. 158. Glande digestive de roua-cerului (*Drosera rotundifolia*):
cs - celule secretoare;
tr - traheide (după De Bary).

ca la *Tropaeolum* (fig. 160). Aparatul unei hidatode pasive este ceva mai complicat. El constă din una sau mai multe *stomate acvifere*, sub care se află un țesut special de înmagazinare a apei numit *epilem*, în care se ter-

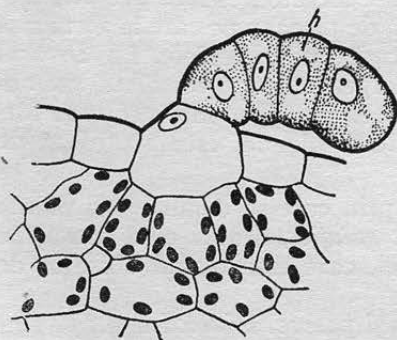


Fig. 159. Hidatodă activă (h) de pe frunzele de *Phaseolus multiflorus* (după Haberlandt).

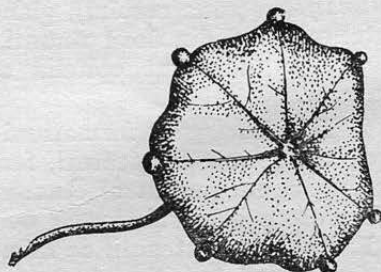


Fig. 160. Frunză de *Tropaeolum majus* cu picături de apă eliminate prin hidatode (gutație) (după Strasburger).

mină un mănunchi de traheide (fig. 161). Hidatodele de *Primula* (fig. 161), cele de *Tropaeolum* etc. au câte o singură stomată acviferă, pe când cele de *Saxifraga*, *Crassula* sau *Ficus* au mai multe, dar prezintă un epitem comun. Celulele stomatice ale stomatei acvifere sînt moarte, incapabile de mișcări, de aceea ostiolele acestora sînt totdeauna larg deschise (fig. 162). Epitemul este un țesut parenchimatic, avînd celule poliedrice, cu pereți subțiri, lipsite

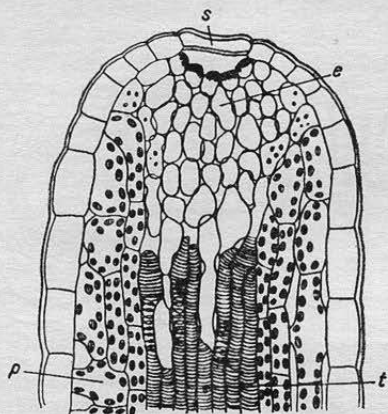


Fig. 161. Hidatodă pasivă din vârful unui dințișor al frunzei de *Primula*:

s — celulă stomatică; e — epitem; p — parenchim clorofilian; t — traheide (după Haberlandt).

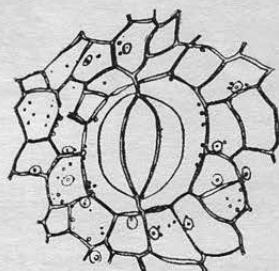


Fig. 162. Stomată acviferă de *Tropaeolum*, văzută de sus (după Strasburger).

de clorofilă, care umplu tot spațiul dintre celulele stomatice și traheide. În ele se acumulează apa adusă de traheide, apă care apoi este presată afară, în mod pasiv (fără contribuția activă a hidatodei), de către o nouă cantitate de apă adusă de vase, și care părăsește frunza sub formă de picături (fig. 160).

e) *Nectarinele* sau *glandele nectarifere* sînt producții epidermice sau emergente la alcătuirea cărora participă, pe lângă epidermă și țesuturile situate dedesubt, al căror produs de secreție este *nectarul*, o soluție diluată de zaharoză și glucoză, mult căutată de insecte. Cele mai multe nectarine se află în floare, unde pot fi așezate pe baza petalelor, la baza staminelor, în pinteni etc. Acestea sînt nectarinele *florale*. La cireș, prun și alte câteva plante, nectarinele sînt situate în afara florii, pe pețiol sau pe stipele. Ele se numesc în acest caz *nectarine extraflorale*. Eliminarea nectarului se face într-un mod cu totul asemănător cu gutația.

2. **Celulele și țesuturile secretoare care-și varsă produsul în spații intercelulare.** Se prezintă la plante sub două forme, și anume sub forma de „buzunare” secretoare și canale secretoare.

a) *Buzunarele secretoare* reprezintă spații intercelulare scurte și largi, de formă sferică sau ovală, căptușite cu celule secretoare și avînd un lumen larg, în care se adună produsele de secreție. Ele sînt situate totdeauna în țesuturile fundamentale. Iau naștere pe cale schizogenă sau, mai adesea,

schizolisigenă. În primul caz, care se întâlnește la *Eucalyptus* sau la *Hypericum perforatum* (sunătoare), o celulă parenchimatică se divide de două ori prin membrane perpendiculare, ajungându-se la patru celule strâns legate între ele. Apoi celulele se dezlipesc și se îndepărtează, între ele apare un spațiu care se mărește progresiv, în timp ce celulele secretoare se divid prin pereți radiali și se înmulțesc, rămânând însă dispuse într-un singur

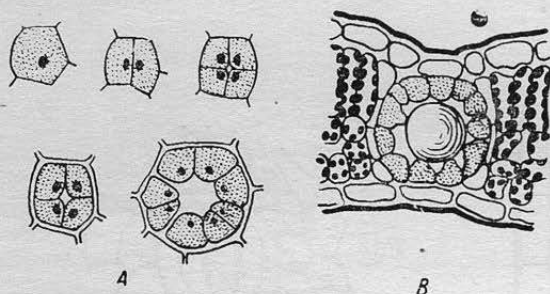


Fig. 163. Buzunar secretor schizogen din frunzele de sunătoare :

A, B — stadii succesive ale procesului formării buzunarului (după Mascré).

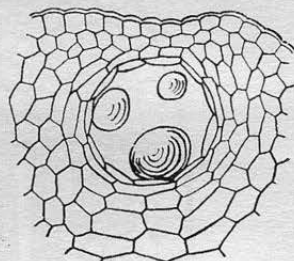


Fig. 164. Buzunar secretor de origine schizolisigenă, din coaja de portocală (după Grințescu).

strat și căptușind buzunarul (fig. 163). În cazul buzunarelor schizolisigene cum sînt cele din coaja fructului de portocal (fig. 164), începutul formării lor este identic cu cel descris. După ce s-a format însă buzunarul pe cale schizogenă, celulele care îl mărginesc se divid prin pereți tangențiali, dînd naștere mai multor straturi de celule secretoare, dintre care cele mai interne dispar prin dizolvare sau liză. Printre produsele de secreție ale acestor fel de buzunare se găsesc totdeauna resturi din membranele celulelor lizate.

b) *Canalele secretoare* nu sînt altceva decît niște buzunare foarte alungite avînd formă cilindrică. Ele se nasc mai ales pe cale schizogenă, dar în cazul lor procesul formării interesează un șir de celule suprapuse. Unicul strat de celule secretoare care căptușesc lumenul canalului este protejat de un strat de celule sclerenchimatice, care nu lasă canalul să fie turtit de presiunea osmotică a celulelor vii înconjurătoare. Așa sînt formate canalele secretoare de la conifere (fig. 165).

Dintre numeroasele produse de secreție ale celulelor și țesuturilor amintite, mai importante sînt uleiurile-eterice, rășinile și balsamurile.

Uleiurile-eterice sînt lichide aromatice, foarte volatile, solubile în solvenții grăsimilor. Din punct de vedere chimic, ele sînt un amestec de substanțe de natură foarte diferită (hidrocarburi terpenice, alcooli, aldehide etc.), cu miros și compoziție caracteristice pentru anumite familii de plante. Se găsesc sub formă de picături, ca incluziuni în citoplasma celulelor din cele mai variate organe: flori, fructe, semințe, rădăcină, rizomi, frunze etc.

Rășinile sînt amestecuri de aceleași substanțe ca și uleiurile eterice, la care se adaugă alcoolii speciali (rezinoli) și acizi speciali sau obișnuiți (acizi rășinoși, acizi benzoici și cinamici). Rășinile nu sînt volatile, au în plante o consistență mai mult sau mai puțin viscoasă, iar în contact cu aerul se solidifică. Uneori se găsesc amestecate cu uleiuri eterice, formînd *oleo-rezine*, cum este cazul celor a coniferelor de la noi (care, prin distilare, se separă în esență de terebentină și sacîz), altele sînt amestecate cu gume, formînd *gume-rezine* (ca, de exemplu, *asa-foetida*, guma-rezina unor umbelifere din genul *Ferula*) etc.

Balsamurile sînt amestecuri de rășini și uleiuri eterice, cu aspect de lichide siropoase și cu miros specific. Balsamul de Canada, întrebuițat în microscopie, se extrage din *Abies balsamea*. Tămîia este balsamul extras din *Boswellia carteri*, smirna din *Commiphora abyssinica* (ambele plante din familia *Burseraceae*).

3. Celulele și țesuturile secretoare care își depun produsul intracelular. Sînt considerate ca elemente excretoare. În această categorie intră două feluri de celule: laticiferele și idioblastele excretoare.

a) *Laticiferele* sînt celule izolate, lungi și ramificate, sau sinciții provenind din fuziunea mai multor celule, caracterizate prin aceea că produc un suc celular abundent, cu aspectul și consistența laptelui, numit *latex*. Laticiferele sînt celule prozenchimatice, vii, cu membrane celulozice, subțiri, fără punctuațiuni, cu protoplasmă puțină, căptușind ca un strat subțire celula pe dinăuntru, și cu mai mulți nuclei.

După structură, laticiferele se împart în două categorii: articulate și nearticulate.

Laticiferele articulate sînt sinciții plurinucleate, formate din celule cilindrice suprapuse, între care pereții despărțitori s-au perforat sau au dispărut, ansamblul celulelor formînd un fel de vas cilindric. Acesta poate fi *neramificat*, ca la *Chelidonium* (iarba-de-negi) (fig. 166, A), sau *ramificat*, cu ramurile unite și anastomozate, formînd o rețea complicată, ca la compozite (păpădie, lăptucă etc.) (fig. 166, B). Laticiferele articulate au câteva familii de plante, printre care cele mai cunoscute sînt familiile *Papaveraceae*, *Compositae*, *Campanulaceae* și *Convolvulaceae*.

Laticiferele nearticulate sînt celule izolate, lungi și ramificate, putînd atinge mai mulți metri și avînd mii de nuclei. Ele apar încă în embrion într-un număr diferit și cresc, paralel cu transformarea embrionului în

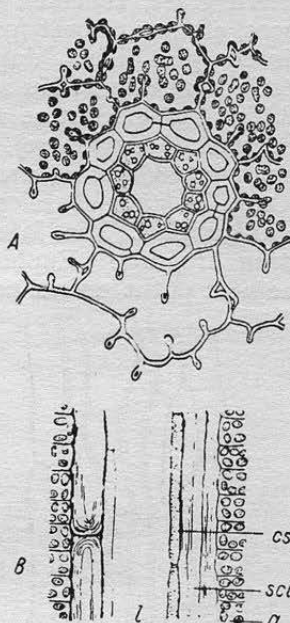


Fig. 165. Canale secretoare:

A — în secțiune transversală, la *Pinus*; B — același, în secțiune longitudinală: l — lumen; cs — celule secretoare; scl — celule sclerenchimatice; a — parenchim asimilator (A — după Ullrich; B — după Strasburger).

plantulă și a acesteia în plantă, fără a contracta legături sau anastomoze între ele (fig. 167). Cele mai importante familii de plante caracterizate prin laticifere nearticulate sînt familiile *Euphorbiaceae*, *Moraceae*, *Apocynaceae* și *Asclepiadaceae*.

Latexul este un amestec complex de substanțe, unele în stare dizolvată (glucide, alcaloizi, săruri minerale), altele în stare de emulsie în apă (rășini, materii grase, cauciuc), care umple vacuolele laticiferelor. Este un lichid viscos, alb sau colorat (galben, la iarba-de-negi), care se obține din plante prin scurgere liberă, după ce în prealabil organele vegetale au fost crescute în mod diferit. Nu se cunoaște bine rolul latexului în viața plantelor; dat fiind că el conține multe substanțe organice (printre care și amidon în formă de bastonașe), s-ar putea să fie utilizat de plante, în care caz trebuie considerat ca produs de secreție și nu de excreție.

Omul a știut să folosească latexul multor plante, încă din cele mai vechi timpuri. Din latexul de *Euphorbia resinifera* și *Lactuca virosa* se extrag drogurile „Euphorbium” și „Lactucarium”; din *opiul* extras din mac s-au putut separa peste 20 de alcaloizi medicinali, ca: papaverina, mor-

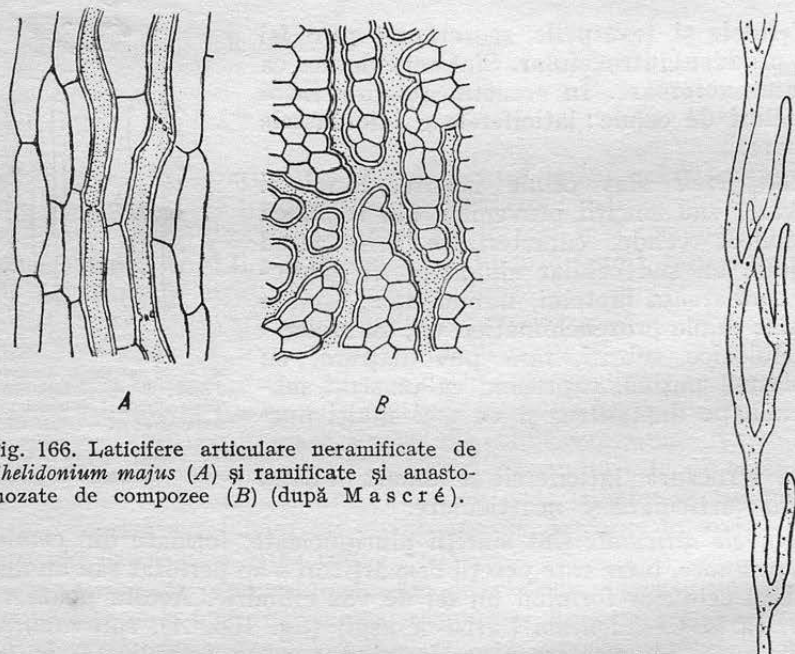


Fig. 166. Laticifere articulare neramificate de *Chelidonium majus* (A) și ramificate și anastomozate de compozee (B) (după Mascré).

Fig. 167. Laticiferă nearticulată (după Strasburger).

fina, codeina etc. Fructul de *Carica papaya* conține în latex un ferment proteolitic — papaiotina — întrebuințat în medicină. *Brosimum galactodendron* — „arborele-vacă” (familia *Moraceae*), din Venezuela și Columbia, are un latex comestibil, apropiat ca însușiri de laptele de vacă. Cel mai

utilizat latex însă este cel al arborilor de cauciuc: *Ficus elastica*, *Hevea brasiliensis*, *Castilloa*, *Urceola* etc., precum și al arborelui de gutapercă: *Palaquium gutta* (familia *Sapotaceae*), din care se extrag cauciucul natural și izomerul său, gutaperca.

b) *Celulele de excreție* sînt idioblaste înglobate în parenchimurile frunzelor, tulpinilor, fructelor etc., de care se deosebesc cu totul, atît prin formă, cît și mai ales, prin conținutul lor. Acest conținut constă din produse variate ale metabolismului celular. La *Laurus nobilis* (dafin), în frunze se află celule sferice pline cu uleiuri volatile (fig. 168); în scoarța de stejar se află *celule tanifere*, în pețiolul de *Begonia* și-n multe alte plante se găsesc *celule oxalifere*, în petalele de nalbă *celule mucilagigene*; litocistele din frunza de *Ficus* conțin cistoliti, semințele de muștar conțin idioblaste cu fermenți etc. etc.

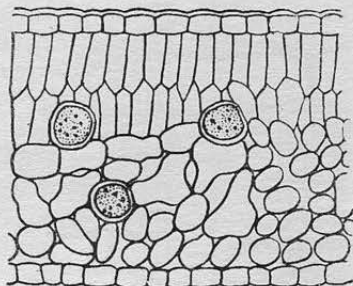


Fig. 168. Celule secretoare (idioblaste) în frunzele de dafin (*Laurus nobilis*) (după Bonnier).

g. Celulele și țesuturile senzitive

Se știe că citoplasma vie este sensibilă, că ea percepe acțiunea pe care o exercită asupra ei anumiți factori din mediul exterior numiți *excitanți* (mecanici, fizici chimici etc.) și *răspunde* acestor excitații prin mișcare sau prin modificarea ritmului și intensității funcțiunilor ei vitale.

Celulele și țesuturile senzitive ale plantelor sînt formațiuni epidermice specializate în *perceperea* excitanților externi. H a b e r l a n d t și alți anatoomiști le mai numesc și „organe de simț”.

După natura excitanților la a căror percepere s-au specializat: excitanți mecanici, excitantul gravitațional sau luminos etc., celulele și țesuturile senzitive s-au grupat în trei categorii.

1. Celulele și țesuturile senzitive pentru excitanți mecanici. Percep excitațiile cauzate de lovire, frecare sau atingere, și ele îmbracă forma de punctuațiuni senzitive, papile senzitive, peri senzitivi și parenchimuri senzitive.

a) *Punctuațiunile senzitive* se găsesc în special pe cîrceii cucurbitaceelor: dovleac, pepeni, *Sycios*, *Lagenaria* etc. Ele reprezintă formațiuni epidermice locale, la care celulele sensibile inserate printre celulele epidermice obișnuite se disting prin membrana lor exterioară foarte îngroșată și prevăzută cu o scobitură ce înainteză pînă aproape de limita externă a membranei. În această scobitură pătrunde o porțiune de citoplasmă, în care, de regulă, se află un mic cristal de oxalat de calciu (fig. 169). Cînd cîrcele atinge cu porțiunea subțire a membranei de deasupra regiunii sensibile un suport solid, protoplasma acesteia este scoasă din echilibrul

ei, și așa nestabil, excitația este percepută și, ca urmare, cîrcelul se răsucesce în jurul suportului.

b) *Papilele senzitive* se află localizate de obicei la baza filamentelor staminale ale unor flori ca *Portulaca grandiflora*, *Opunția vulgaris*, *Centaurea cyanus* sau *Berberis vulgaris* (dracilă).

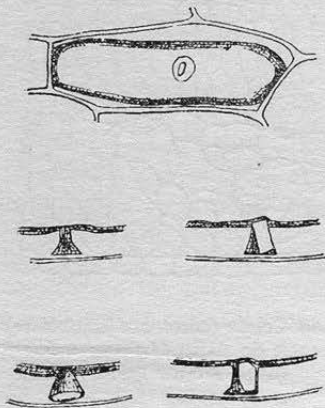


Fig. 169. Papile senzitive în epiderma cîrcelilor de dovleac (după Haberlandt).

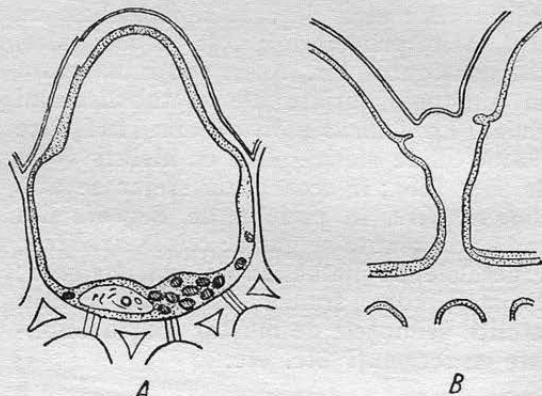


Fig. 170. Papilă senzitivă de pe filamentul staminei de *Berberis*:

A — celula întreagă; B — membrană senzitivă subțiată (după Haberlandt).

Filamentele staminelor de dracilă, de exemplu, au la baza lor un țesut sensibil, caracterizat prin celule ale căror membrane exterioare sînt foarte bombate, alcătuiind papile senzitive (fig. 170). La locul de articulație al papilei cu pereții radiali, membrana celulei este mult subțiată, prezentînd un șanț inelar în care pătrunde citoplasma sensibilă. Aici este locul de percepție al excitantului. Dacă se atinge filamentul staminal în acest loc

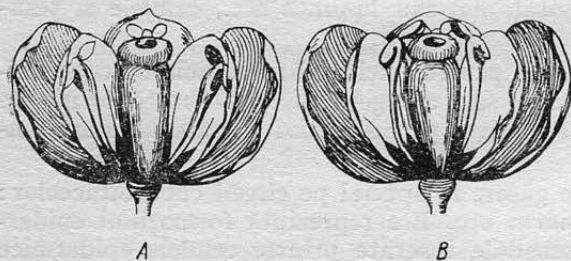


Fig. 171. Mișcările staminelor de *Berberis*, care au la bază papile senzitive:

A — înainte de excitație; B — după excitație (după Guillaumond).

de către o insectă, cu trompa sau cu picioarele (experimental se poate atinge cu un vîrf de creion ascuțit), acesta se curbează brusc și antera staminei lovește stigmatul (fig. 171), lăsîndu-și pe acesta polenul și asigurîndu-se în acest mod autopolenizarea florii.

c) *Perii senzitivi* se găsesc răspândiți pe frunzele plantelor insectivore.

La *Aldrovanda vesiculosa*, o droseracee carnivoră care trăiește prin bălțile din Banat și Delta Dunării, cele două jumătăți aproape semicirculare de frunză se închid brusc, ca o carte, atunci când un crustaceu mic a atins unul din perii senzitivi situați pe față superioară a limbului. Un astfel de păr constă din 5—7 etaje de celule lungi, cu membranele îngroșate, printre care mai aproape de bază se inserează și un etaj de celule scurte și cu membrane subțiri (fig. 172, g). Acestea din urmă reprezintă regiunea sensibilă a părului, care percepe excitantul și provoacă atât îndoirea părului, cât și închiderea jumătăților de limb foliar.

d) *Parenchim sensibil* la atingere se află numai în umflăturile motoare de la baza pețiolurilor frunzelor de *Mimosa pudica*, o papilionacee din Brazilia, care, la o ușoară atingere, își apleacă frunzele în jos (fig. 173, B).

2. **Celulele și țesuturile sensibile față de gravitație.** Percep excitația pe care o exercită asupra lor gravitația și au ca urmare mișcările geotropice ale organelor plantelor. După o ipoteză mai veche a lui H a b e r l a n d t și N e m e č (1900), „organele de simț” pentru excitantul geotropic ar fi vîrfurile rădăcinii principale, al tulpinii principale și al coleoptilelor, înzestrate cu protoplasmă sensibilă și pline cu grăuncioare de amidon special numit „amidon statolitic”.

Cînd aceste organe se află în poziție verticală, amidonul statolitic se găsește masat pe pereții orizontali ai celulelor și excitația geotropică nu se produce. Dacă organul respectiv este scos din poziția verticală, amidonul statolitic se va mișca în celulă, deplasîndu-se spre pereții radiali, deveniți acum orizontali. În drumul lor, grăuncioarele de amidon produc excitația protoplasmei, aceasta o percepe și organul reacționează curbîndu-se, pînă ajunge din nou în poziția verticală. Ipoteza amidonului statolitic este azi mai puțin acreditată decît cea a deplasării sarcinilor electrice prin organele plantelor ținute în poziții înclinate (ipoteza efectului geoelectric). Amănunte și date mai noi asupra acestei probleme se dau în fiziologia plantelor.

3. **Celulele sensibile față de lumină** sînt reprezentate la plantele superioare prin papile și ocele.

a) *Papilele sensitive la lumină* sînt celule epidermice cu membrana exterioră bombată, funcționînd ca o lentilă plan-convexă care concentrează razele luminoase ce cad perpendicular pe frunză într-un focar situat în mij

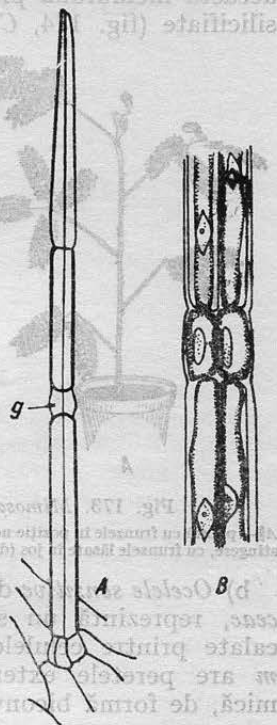


Fig. 172. Păr senzitiv de *Aldrovanda*:

A — păr întreg cu sectorul senzitiv (g); B — zonă sensibilă mărită (după H a b e r l a n d t).

locul celulei. La *Oxalis*, întreaga membrană exterioară a celulei sensibile este bombată (fig. 174, A); la *Aquilegia* se bombează numai porțiunea centrală a membranei exterioare (fig. 174, B), pe când la *Campanula* această membrană prezintă în zona ei centrală niște îngroșări biconvexe, silicifiate (fig. 174, C).

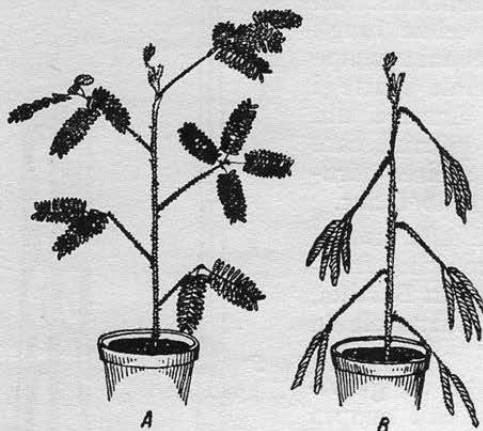


Fig. 173. *Mimosa pudica*:

A) — plantă cu frunzele în poziție normală; B) — plantă după atingere, cu frunzele lăsate în jos (după Guillaumond)

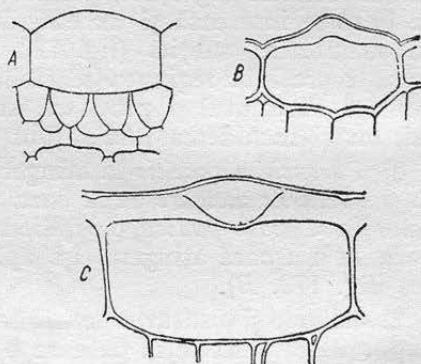


Fig. 174. Papile sensitive pentru lumină:

A) — la *Oxalis*; B) — la *Aquilegia*; C) — la *Campanula* (după Haberlandt).

b) *Ocelele sensitive* de la *Fittonia*, plantă din Peru, din familia *Acanthaceae*, reprezintă un sistem de două celule epidermice suprapuse, intercalate printre celulele epidermice obișnuite ale frunzei (fig. 175). Celula *m* are peretele exterior foarte bombat și poartă în vîrf o altă celulă mică, de formă biconvexă (fig. 176). Dacă frunza își schimbă poziția ori-

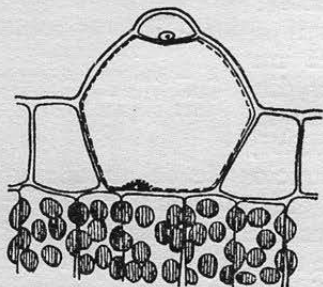


Fig. 175. Ocele sensitive în epiderma de *Fittonia*, văzute în secțiune (după Haberlandt).

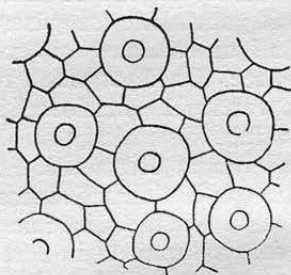


Fig. 176. Ocele văzute din față (după Haberlandt).

zontală, lumina, care în acest caz cade oblic pe frunză, provoacă o deplasare a focarelor și astfel se produce excitația luminoasă, pe care celulele epidermice o percep și căreia frunzele îi răspund executînd mișcări care readuc focarele luminoase în centrul celulelor. Argumente pentru și contra acestei ipoteze, formulată tot de Haberlandt, se dau la fiziologia plantelor.



MORFOLOGIA ȘI ANATOMIA ORGANELOR VEGETATIVE (ORGANOGRAFIA)

A. GENERALITĂȚI

*Organografia*¹, în sensul etimologic al cuvîntului, înseamnă descrierea formei exterioare a organelor. În realitate, nu se poate face o separație între forma exterioară și forma interioară sau structura organelor, cele două calități fiind interdependente și condiționîndu-se reciproc, ambele fiind expresia adaptării organelor la funcțiunile pe care le îndeplinesc în plantă în condițiile de mediu în care aceasta trăiește astăzi, condiții la care planta s-a adaptat în cursul dezvoltării sale istorice.

Organografia are deci un domeniu de studiu mult mai vast decît acela pe care i-l sugerează numele; ea studiază morfologia externă, structura sau anatomia internă și dezvoltarea ontogenetică a organelor plantelor actuale, privite atît prin prisma adaptării lor la funcțiunile speciale pe care le îndeplinesc cît și prin aceea a dezvoltării lor filogenetice. Fără perspectiva acestei duble dezvoltări nu pot fi înțelese nici formele, nici structurile actuale ale organelor.

Un *organ vegetal* este o parte a corpului plantei, alcătuită din mai multe țesuturi diferite, avînd forma și structura adaptată la îndeplinirea unor funcțiuni speciale, dominante. Fiecare țesut în parte din cadrul unui organ poate îndeplini și alte funcțiuni, dar toate funcțiunile lor parțiale colaborează și sînt subordonate funcțiunii dominante a organului. Așa, de exemplu, frunza are ca funcțiune dominantă fotosinteza, căreia îi sînt subordonate toate funcțiunile parțiale: de apărare, de conducere, de susținere etc. pe care le îndeplinesc diferitele țesuturi care o alcătuiesc.

După rolul pe care-l joacă în viața plantelor, organele acestora sînt de două categorii: vegetative și de reproducere.

Organele vegetative sînt acele părți din corpul plantei care, prin funcțiunile pe care le îndeplinesc, asigură viața acesteia ca individ. Cormo-

¹ De la grec. *organon* = organ și *graphein* = a scrie.

fitele au trei organe vegetative, și anume: rădăcina, tulpina și frunzele.

Organele de reproducere sînt acelea care asigură perpetuarea speciei, prin producerea de noi urmași. Organele de reproducere sînt mai variate și apar cu mult înaintea celor vegetative în dezvoltarea filogenetică a regnului vegetal. Talofitele actuale, lipsite de organe vegetative, posedă numeroase tipuri de organe de reproducere.

1. DEZVOLTAREA ONTOGENETICĂ A ORGANELOR VEGETATIVE LA PLANTELE CU FLORI

Punctul de plecare în dezvoltarea oricărei plante cu flori, *antofite*¹, este oosfera fecundată numită *ou* sau *zigot*. În această etapă, toate plantele superioare sînt reprezentate printr-o singură celulă închisă în ovul, viitoarea sămînță. Prin diviziunile succesive ale oului, încă înainte ca sămînța să ajungă la matură, în sânul acesteia ia naștere *embrionul*, viitoarea plantă în miniatură. Embrionul reprezintă a doua etapă a ontogenezei plantei. El posedă deja cele trei organe vegetative în miniatură, formate toate dintr-un singur țesut, din meristem, și anume: o rădăciniță, o tulpiniță, unul sau mai multe *cotiledoane* care reprezintă primele frunze și un vîrf vegetativ numit *muguraș* (gemula sau plumula), adăpostind un meristem din care vor lua naștere organele aeriene ale viitoarei plante (fig. 177). For-

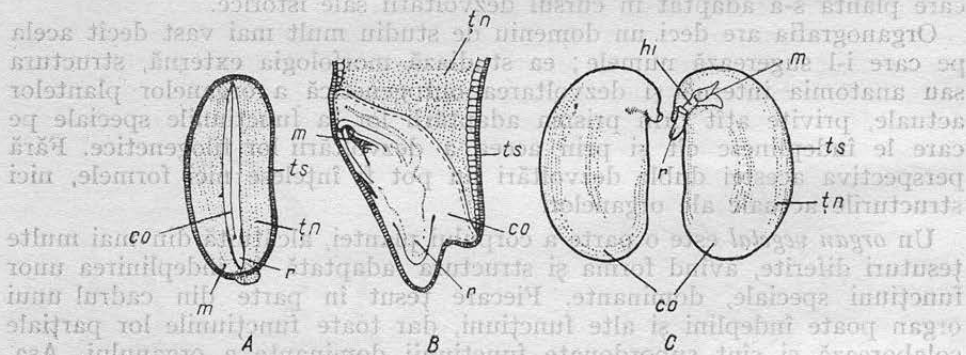


Fig. 177. Embrionii de ricin (A), de grâu (B) și de fasole (C):
ts — tegument seminal; tn — țesut nutritiv; co — cotiledoane; hi — axa hipocotilă;
r — rădăciniță; m — mugurașul (după Tr o l l).

marea acestor organe ale embrionului este rezultatul unui proces de *diferențiere organică*. Acest proces nu mai are loc asupra constituției fizico-chimice a celulelor, ca în cazul diferențierii celulare, ci asupra modului cum se aranjează celulele în organe. El se datorește tot sensibilității și

¹ De la grec. *anthos* = floare și *phyton* = plantă.

plasticității protoplastului și însușirii lui de a răspunde la acțiunile unor factori (excitanți) externi și interni, acțiuni care se exercită simultan și interdependent asupra embrionului și determină formarea organelor acestuia (organogeneza).

Diferențierea organică este în același timp și o *diferențiere ontogenetică*, rezultatul ei fiind construirea sau zidirea completă a organelor individului. Se poate distinge la plantele superioare o diferențiere a rădăcinii (rizogeneză), a tulpinii (caulogeneză) și a frunzei (filogeneză), iar la indivizii adulți o diferențiere a florii (antogeneză), a fructului (carpogeneză) și a seminței (seminogeneză).

Prin germinația sau încolțirea seminței, organele embrionului încep să crească și să se dezvolte activ. Fosta rădăciniță devine rădăcină principală, peste fosta tulpiniță sau axă hipocotilă (fig. 177, *hi*) s-a născut din muguraș o axă epicotilă, care va deveni tulpina principală și care va produce primele frunze. Din embrion s-a dezvoltat astfel o plantă tânără numită *plantulă* (fig. 178). Mai târziu, tulpina principală se va ramifica producând ramuri purtătoare de frunze, rădăcina se va ramifica și ea dând radicele și astfel suprafața cormului va crește și plantula se va transforma într-o *plantă matură*, capabilă să producă flori și o nouă serie de semințe. Cu acestea se încheie ciclul de dezvoltare al plantei care, după Timiriazev, ține „de la sămânță pînă la sămînță”.

Durata acestui ciclu variază foarte mult la diferitele plante: un an la plantele *anuale*, doi ani la plantele *bienale* sau mai mulți ani la unele plante care, deși trăiesc mai mulți ani, fructifică o singură dată în viață, după care mor (plante *monocarpice*, de exemplu, *Agave americana*). Acestor trei categorii de plante care toate fructifică o singură dată în viața lor, li se opune grupul mare al plantelor *perene*, căruia îi aparțin arborii, arbuștii și unele plante ierboase, care pot înflori și fructifica de mai multe ori în viață.

Factorii care au acționat asupra embrionului din sămînță și au determinat organogeneza, acționează și asupra plantulei și a plantei mature. Ei pot provoca apariția de caractere diferențiale în organele în curs de

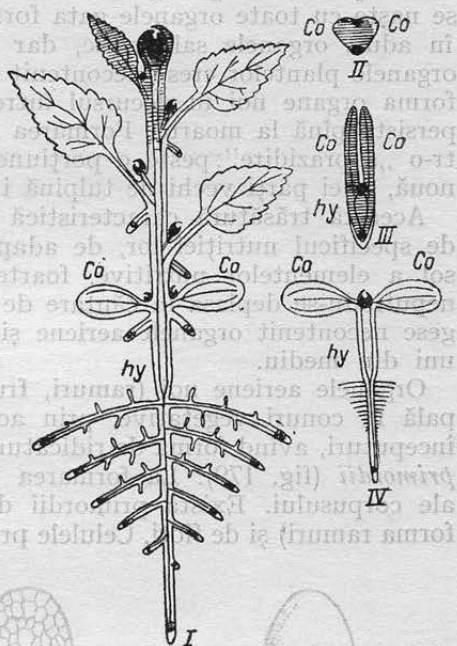


Fig. 178. Diferențierea unei plante (I), plecînd de la embrion (II); apariția progresivă a organelor și țesuturilor (III, IV) duce la mărirea dimensiunilor plantei:

co — cotiledoane; hy — axa hipocotilă (după R. Champagnat și colab., 1969).

dezvoltare, schimbarea direcției de creștere a acestora etc., cu un cuvânt acești factori pot modifica profund forma și structura organelor plantelor, dând naștere tuturor variațiilor care fac obiectul organografiei.

Creșterea și dezvoltarea organelor la plante se deosebesc fundamental de procesul organogenezei la animale. În timp ce puiul de vertebrat se naște cu toate organele gata formate, și în decursul dezvoltării puiului în adult organele sale cresc, dar se opresc din creștere la maturitate, organele plantelor cresc neconținut toată viața și, în plus, plantele își pot forma organe noi în decursul întregii lor vieți, grație meristemelor care persistă pînă la moarte. Formarea de organe noi, omonime, se face printr-o „suprazidire”: peste o porțiune veche de rădăcină se suprapune una nouă, unei părți vechi de tulpină i se adaugă una nouă etc.

Această trăsătură caracteristică a organogenezei plantelor este legată de specificul nutriției lor, de adaptarea lor la extragerea din aer și din sol a elementelor nutritive, foarte dispersate în spațiu. Fiind fixate și neputîndu-se deplasa în căutare de noi resurse de hrană, plantele își lungesc neconținut organele aeriene și subterane, explorînd noi și noi porțiuni din mediu.

Organele aeriene noi (ramuri, frunze, flori) iau naștere din axa principală în conuri vegetative, prin activitatea celulelor inițiale. Primele lor începuturi, avînd forma de ridicături sau cute de diferite forme, se numesc *primordii* (fig. 179). La formarea lor iau parte tunica și primele straturi ale corpusului. Există primordii de frunze, de muguri (din care se vor forma ramuri) și de flori. Celulele primordiei au la început caracter embri-

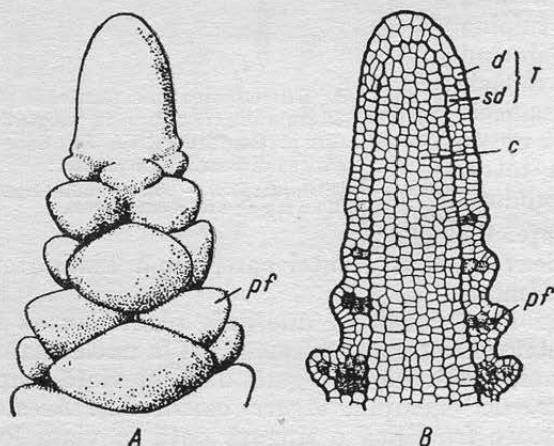


Fig. 179. Conul vegetativ al tulpinii de *Elodea*, cu primordii de frunze:

A — văzut din profil; B — văzut în secțiune longitudinală; d — dermatogen; sd — subdermatogen; pf — primordii foliare, T — tunica; c — corpusul (după Stoker).

onar. Pe măsură ce se îndepărtează de vîrf, însă, ele suferă procesul de diferențiere celulară care le transformă în țesuturi definitive, iar organele născute din primordiu, prin diferențiere organică, își dobîndesc forma și structura caracteristică.

Ramurile rădăcinii principale se nasc dintr-un strat special rizogen (periciclu); modul cum se naște o radiceală va fi înfățișat la studiul rădăcinii.

Procesul transformării primordiilor în organe adulte este dirijat de o seamă de *legi ale organogenezei*, care fac obiectul fiziologiei. Aici ne vom mărgini doar să cităm pe cele mai importante.

a) Baza organogenezei la plante o constituie *modificările stadiale* ale celulelor din conurile vegetative. Celulele acestora nu sînt capabile să formeze noi organe decît dacă au trecut în dezvoltarea lor prin anumite etape, numite *stadii*, cum sînt stadiile de vernalizare, fotoperiodism etc.

b) Dezvoltarea organelor plantelor se face în strînsă concordanță cu condițiile mediului, împreună cu care organismul formează o singură unitate.

c) În dezvoltarea organelor se manifestă o unitate perfectă între funcțiunea, structura și forma organului respectiv, în condițiile de mediu date. Dacă aceste condiții se schimbă și sîlesc organul să îndeplinească alte funcțiuni decît cele specifice, organul se adaptează la noua lui funcțiune, modificîndu-și structura, iar schimbarea structurii atrage după sine schimbarea formei.

d) Între dezvoltarea diferitelor organe ale unei plante există o corelație strînsă. Organismul vegetal se comportă și în această privință ca un întreg și dezvoltarea unor părți ale lui condiționează dezvoltarea altora.

2. CITEVA PROPRIETĂȚI ALE FORMEI ȘI STRUCTURII ORGANELOR VEGETATIVE

1. **Polaritatea** este deosebirea morfologică, dar mai ales fiziologică, dintre cele două extremități opuse ale unui organ. Această proprietate se găsește și la multe plante inferioare, chiar unicelulare, ca, de exemplu, la *Euglena* sau *Chlamydomonas*. La plantele superioare însă polaritatea este mult mai pronunțată. Ea se manifestă nu numai la organele principale: rădăcină sau tulpină, ci și la ramurile acestora, la fragmente ale acestor ramuri, și chiar la fiecare celulă în parte, manifestările exterioare ale polarității organelor reprezentînd rezultanta polarității de bază a celulelor alcătuitoare. Toate aceste părți de plantă prezintă un *pol apical* și un *pol bazal*, care nu se pot transforma unul în altul, indiferent de condițiile de mediu în care ajung să trăiască. Două ramuri de salcie suspendate într-un vas cu suficientă umezeală (căptușit, de exemplu, cu hîrtie de filtru umedă), una în poziție normală și alta cu vîrfurile în jos, nu-și schimbă polaritatea (fig. 180). Indiferent de poziție, polul apical dă naștere la ramuri, iar cel bazal la rădăcini adventive. Acest fapt are aplicație în practica butășirii (butășii trebuie împlîntați totdeauna cu polul bazal în sol).

2. **Simetria** este proprietatea unui organ de a fi format din părți identice care se repetă cu regularitate în structura sa. Planul care împarte

un organ în două părți simetrice se numește *plan de simetrie*. Cele două jumătăți simetrice sînt egale, dar nesuperpozabile și se numesc *enantiomorfe*¹; raportul dintre ele este ca acela dintre o persoană și imaginea sa din oglindă; deși imaginea este identică cu persoana, stînga ei este dreapta persoanei și invers.

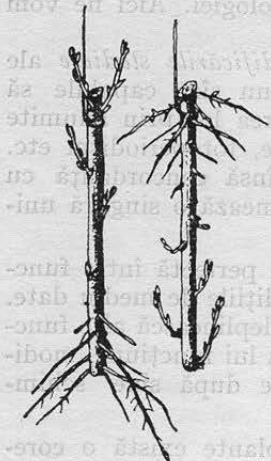


Fig. 180. Experiența cu ramuri de salcie pentru demonstrarea polarității (după Strasburger).

După numărul de planuri de simetrie care se pot aplica unui organ vegetal, acesta poate prezenta simetrie radială, bilaterală, monosimetrică sau poate fi asimetric.

a) *Simetrie radială* au organele care pot fi împărțite în două jumătăți enantiomorfe prin multe planuri de simetrie. Astfel de organe se numesc *polisimetrice*. Acestei categorii îi aparțin organele cilindrice, ca: rădăcini, tulpini, ramuri, apoi fructe, ca: pepenii, mărul, portocala etc. Florile cu simetrie radială se numesc *actinomorfe*².

b) *Bisimetrice* sînt organele prin care se pot duce doar două planuri de simetrie, perpendiculare unul pe altul. Una din părți este totdeauna dreaptă sau stîngă, anterioară sau posterioară. Un exemplu de acest fel este tulpina de *Opuntia* (fig. 181).

c) *Monosimetrice* sînt organele vegetale care prezintă un singur plan de simetrie prin care pot fi împărțite într-o jumătate dreaptă și una stîngă. În această categorie intră majoritatea frunzelor late ale plantelor de la noi, ca: fag, stejar, plop etc.

Astfel de frunze au o structură diferită pe cele două fețe ale lor, structură numită *dorsiventrală* (fig. 182). Florile monosimetrice, ca, de exemplu, cele de mazăre, viorea, gura-leului etc. se numesc *zigomorfe*³.

d) *Asimetrice* sînt organele vegetale care nu pot fi împărțite în jumătăți enantiomorfe prin nici un plan. Așa sînt florile de *Canna* (fig. 183), frunzele de ulm (fig. 184), cele ale unor specii de tei, *Begonia* etc. În natură se găsesc adesea forme de trecere de la un tip de simetrie la altul. De asemenea, un același organ, în condiții diferite de mediu poate prezenta diferite forme de simetrie. Astfel, frunzele aeriene de ceapă au simetrie radială, în timp ce frunzele bulbului sînt monosimetrice.

Simetria este direct legată de polaritate, ea fiind principala formă de expresie a acesteia. Morfologia unei plante rezultă dintr-o distribuție simetrică a țesuturilor sau organelor în jurul uneia sau mai multor axe de simetrie.

¹ De la grec. *enantios* = opus și *morphe* = formă.

² De la grec. *aktinos* = stea și *morphe* = formă.

³ De la grec. *zygon* = jug și *morphe* = formă.

3. Regenerarea. Este tendința pe care o are o plantă de a-și reface orice parte care i-a fost distrusă. Dintr-un butaș de frunză, de exemplu, planta își refacă tulpina, rădăcina, adică organele care-i lipsesc, rege-

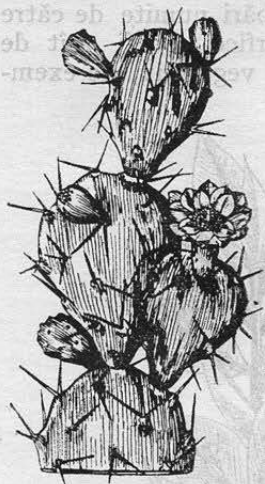


Fig. 181. Tulpina de *Opuntia* exemplu de organ bisimetric (după Strasburger).

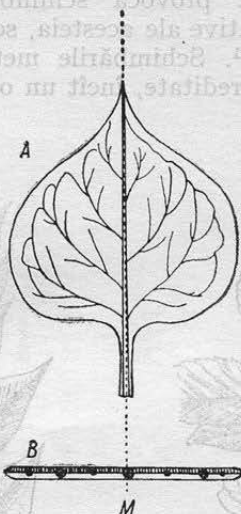


Fig. 182. Frunza, tip de organ monosimetric, cu structură dorsoventrală:

A — văzută din față; B — în secțiune transversală; M — planul median (după Strasburger).



Fig. 183. Floare asimetrică de *Canna indica* (după Strasburger).

nerînd un nou individ complet. Acest fapt se explică prin potența celulelor vegetale de a redeveni meristematice după ce acest caracter fusese mascat un timp mai mult sau mai puțin îndelungat. Celulele animale sînt lipsite de o astfel de putere regeneratoare.

4. Corelația este însușirea plantelor de a-și dezvolta organele într-o strînsă interdependență care să asigure forma și aspectul ei caracteristic. Printr-un joc complex al factorilor interni (factori genetici, substanțe de creștere, fitohormoni etc.), au loc acțiuni stimulative și inhibitoare al căror rezultat este morfogeneza plantei și păstrarea de-a lungul generațiilor a formei specifice.

5. Orientarea în spațiu pe care o iau organele plantelor este un alt caracter morfologic al lor. Din acest punct de vedere, rădăcina și tulpina principală, care cresc vertical, în sus sau în jos, în direcția razei Pămîntului, se numesc organe *ortotrope*¹, pe cînd cele care fac un unghi cu raza Pămîntului se numesc organe *plagiotrope*². Așa sînt frunzele, ramurile și unele flori, rizomii etc. Unele frunze, mulți rizomi și plante tîrîtoare sau culcate sînt dispuse orizontal, făcînd un unghi drept cu raza Pămîntului.

¹ De la grec. *orthos* = drept și *tropos* = direcție.

² De la grec. *plagios* = oblic și *tropos* = direcție.

6. Transformările (metamorfozele) organelor vegetative. Organe omologe și organe analoge. Organe reduse. Condițiile speciale de viață ale unei plante, precum și factorii din mediul exterior, caracteristici pentru locul în care aceasta trăiește, pot provoca schimbări în forma, structura și funcțiunea organelor vegetative ale acesteia, schimbări numite de către Goethe (1790) *metamorfoze*¹. Schimbările metamorfice pot fi atât de adânci și ele se pot fixa prin ereditate, încât un organ vegetativ, de exem-



Fig. 184. Frunze asimetrice de la ulm (după Strasburger).



Fig. 185. Tulpina de *Ruscus aculeatus*, cu ramuri transformate în filocladii (*ph*):

s — frunze rudimentare; *fl* — flori (după Strasburger).

plu, tulpina, să îmbrace forma altui organ vegetativ, de exemplu, frunza (fig. 185). Cauza unei atât de adânci schimbări în înfățișarea și structura unui organ și a asemănării lui cu alt organ rezidă în schimbarea funcțiunii primare, caracteristice lui și adaptării la îndeplinirea unei alte funcțiuni care este proprie organului a cărui formă o imită.

În cazurile organelor profund metamorfozate, pentru a putea stabili adevărata lor natură (dacă sînt rădăcini, tulpini sau frunze), trebuie să le urmărim originea.

Se numesc *organe omologe* toate organele care au aceeași origine, adică provin prin metamorfozarea aceluiași organ de bază, forma, structura și funcțiunile lor putînd fi diferite. Așa, de exemplu, spinii de *Berberis* (dracilă) sînt omologi cu frunzele, provin din acestea și poartă muguri la subsoară, ca și frunzele (fig. 186). Dintre cele trei frunze fixate la un nod

¹ De la grec. *metamorphosi* — schimbare.

al rizomului ferigei de apă, *Salvinia natans*, două și-au păstrat aspectul și funcțiunile normale, pe cînd a treia a îmbrăcat forma și a preluat funcțiunile rădăcinii (fig. 187). Cele trei organe sînt omologe, cu tot aspectul lor diferit.

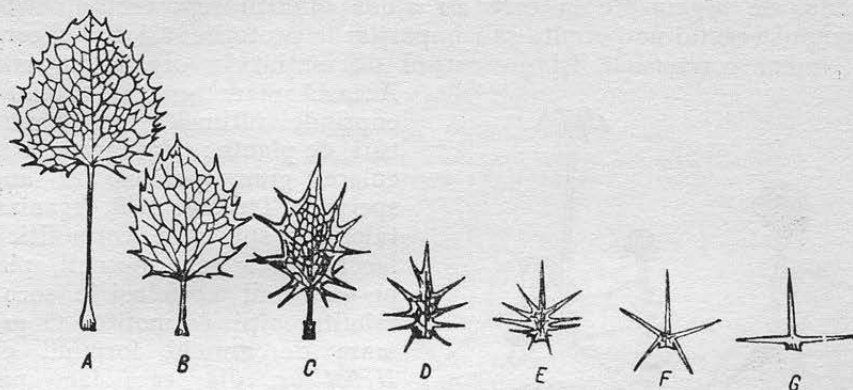


Fig. 186. Transformarea frunzelor în spini cu cinci sau cu trei ramuri, la *Berberis vulgaris* (după Strasburger).

Se numesc *organe analoge* acele organe care au origine diferită, dar care îmbracă aceeași formă și îndeplinesc aceleași funcțiuni. Spinii de *Berberis* sînt analogi cu cei de salcîm, porumbar, păr pădureț sau trandafir, deși ei sînt frunze transformate, pe cînd cei de salcîm sînt stipele transformate, cei de porumbar și păr pădureț sînt ramuri transformate, iar țepii de trandafir sînt emergențe. Frunza metamorfozată de *Salvinia* este analogă cu rădăcina, dar este omologă cu frunzele normale. Filoclațiile de *Ruscus* (v. fig. 185) sînt analoge cu frunzele, însă ele sînt omologe cu ramurile, se nasc la subsuoara unor frunze rudimentare și poartă flori, organe care nu se găsesc niciodată pe frunze.

Organe reduse. Prin neîntrebuințare, unele organe vegetative ale cormului pot regresa pînă la nerecunoaștere sau pot chiar dispărea. Ca exemple de organe reduse putem cita frunzele de *Ruscus* (v. fig. 185), cele ale tuberculilor de cartof, ale cactaceelor etc. De asemenea, multe plante parazite și saprofite, datorită modului lor de viață, n-au rădăcini (vîscul, torțelul). Exemple numeroase de astfel de plante vor fi date la studiul rădăcinii, tulpinii și frunzei.

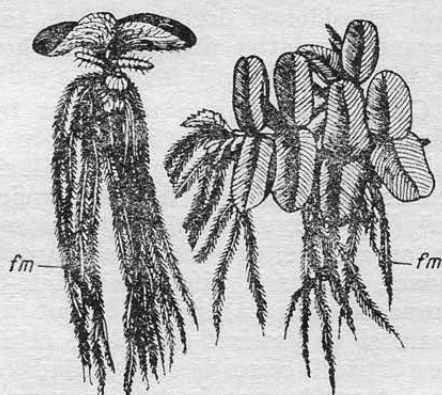


Fig. 187. *Salvinia natans*, ferigă de apă, cu una din cele trei frunze metamorfozată (fm) (după Strasburger).

B. MORFOLOGIA ȘI STRUCTURA CORMULUI

Gradul de organizare la care au ajuns diferiții reprezentanți actuali ai regnului vegetal ne permite să-i împărțim în protofite, talofite și cormofite. Numai cormofitele își au corpul diferențiat în organe vegetative.

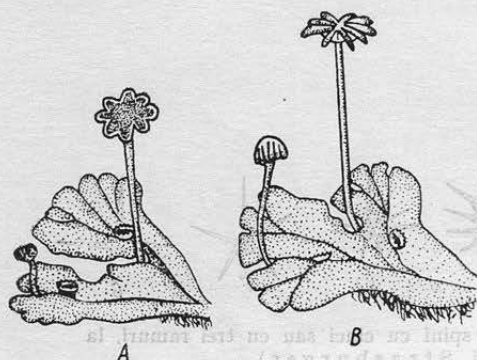


Fig. 188. *Marchantia polymorpha*, mușchi hepatic cu corp taloidic:

A — individ bărbătesc, B — individ femeiesc (după Strasburger).

deci considerați drept talofite, ca unii ce nu prezintă nici o urmă de organe vegetative diferențiate. Părerea aceasta nu este însă împărtășită de toți morfologii (C h a d e f a u d).

Clasa Musci sau a mușchilor frunzoși însă cuprinde reprezentanți al căror organism prezintă două din cele trei organe vegetative ale cormului, tulpină și frunze, locul rădăcinii încă nediferențiate ținându-l niște exerescențe filiforme, de obicei unicelulare, ale bazei tulpinii, numite *rizoizi*¹ (fig. 189, *rh*). Tulpina unui mușchi frunzos, mult superioară talului ca organizare, are totuși un număr redus de țesuturi: o *epidermă* exterioră, o *scoarță* diferențiată într-o zonă externă cu celule având membrana sclerificată, servind drept țesut mecanic, o zonă internă, asimilatoare și un *fascicul central* de celule alungite prozenchimactice, cu pereții despărțitori ciuruți, funcționând ca vase liberiene (fig. 190). Nu există încă țesut lemnos în tulpina mușchilor. Frunzele de mușchi au o structură și mai simplă; ele sînt formate dintr-un singur strat de celule. Acest corm redus al mușchilor nu este omolog, ci numai analog cu cormul adevărat al plantelor superioare, el aparținând unei alte faze din ciclul de dezvoltare al lor (gametofitului, în timp ce cormul celorlalte plante superioare aparține sporofitului).

¹ De la grec. *rhiza* = rădăcină și *eidos* = asemănare.

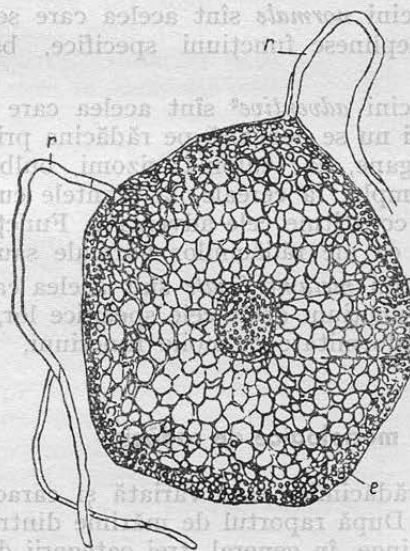
Cormul *pteridofitelor* și *antofitelor* atinge cel mai înalt grad de diferențiere, fiind alcătuit din trei organe vegetative distincte, înzestrate cu vase liberiene și lemnoase. În cele ce urmează vom analiza morfologia și structura fiecărui organ vegetativ al cormului: rădăcina, tulpina și frunza. Începem studiul cu rădăcina, pentru că are o organizare mai simplă, care, în stadiul de structură primară, n-a depășit încă psilofitele și, trăind de regulă în pământ unde există condiții mai puțin variabile de mediu, pre-

Fig. 189. *Polytrichum commune*:

rh — rizoizi; s — seta; k — caliptra; u — urna
(după Strasburger).

Fig. 190. Secțiune transversală prin tulpina de *Mnium* (mușchi):

r — peri rizoidali; l — fascicul conductor; c — parenchim cortical; e — straturi sclerificate externe (după Strasburger).



zintă mai puține variații de formă și structură decât organele aeriene. De fapt, în ordinea dezvoltării filogenetice a plantelor, primul organ vegetativ care a apărut a fost un „rizom primordial” (P. Bertrand), deci

o tulpină; rădăcina și frunzele s-au născut mai târziu, ca o diferențiere a tulpinii. După acest criteriu filogenetic se conduc morfologii care încep studiul organelor vegetative cu tulpina.

1. RĂDĂCINA

Rădăcina este acel organ al plantelor care crește de regulă în pământ și este adaptat la două funcțiuni specifice: *fixarea plantei și absorbția apei* cu substanțele minerale din sol. Rădăcina însă mai poate îndeplini și alte funcțiuni accesorii, cum sînt cele de *organ de depozitare*, de *regenerare* a plantei și altele.

Rădăcina care se dezvoltă din radícula embrionului se numește *rădăcină principală* și ea are următoarele caractere generale: este un organ ortotrop, crescînd drept în jos în direcția razei Pămîntului (are un geotropism pozitiv), are simetrie radială, o formă, de regulă, cilindrică, morfologic baza ei se confundă cu baza tulpinii; din punct de vedere anatomic, însă, există o zonă de trecere de la structura rădăcinii la cea a tulpinii, numită *colet*¹, mai lungă sau mai scurtă, după plantă. Rădăcina principală poartă ramuri laterale numite *radicele*.

După originea și funcțiunile lor, rădăcinile se pot grupa în trei categorii, și anume: normale, adventive și metamorfozate.

a) Rădăcini *normale* sînt acelea care se dezvoltă din radícula embrionului, îndeplinesc funcțiuni specifice, baza lor se racordează cu baza tulpinii.

b) Rădăcini *adventive*² sînt acelea care nu provin din radícula embrionului, nici nu se dezvoltă pe rădăcina principală sau pe radicele, ci apar pe alte organe, ca: tulpină, rizomi, bulbi, frunze etc. La multe plante, ca, de exemplu, la cereale, la plantele cu bulbi etc., masa principală de rădăcini o constituie cele adventive. Funcțiunile rădăcinilor adventive pot fi aceleași ca ale rădăcinilor normale sau pot fi diferite.

c) Rădăcini *metamorfozate* sînt acelea care, adaptîndu-se la îndeplinirea unor alte funcțiuni decît cele specifice lor, și-au schimbat forma și structura în conformitate cu noile funcțiuni.

a. Tipuri morfologice de rădăcini

Forma rădăcinilor este variată și caracteristică pentru anumite specii de plante. După raportul de mărime dintre rădăcina principală și radicele se pot distinge, în general, trei categorii de forme de rădăcini: pivotante, fasciculate și rămuroase.

¹ De la fr. *collet* = guler.

² De la latin. *advenio*, *-ire* = a sosi.

a) *Rădăcini pivotante*¹ sînt cele la care rădăcina principală atinge o mare dezvoltare, fiind mult mai lungă și mai groasă decît radicelele (fig. 191). Astfel de rădăcini au mai ales plantele leguminoase, ca: trifoiul, lucerna, lupinul etc., dar se pot întîlni și la plante din alte familii, ca, de exemplu, la bumbac, păpădie, măcriș etc. Rădăcinile de morcov, sfeclă, ridichi, deși au forma conică și corespund definiției rădăcinilor pivotante, prezintă îngroșări anormale și deci nu sînt rădăcini pivotante tipice.

b) *Rădăcini fasciculate*² sau *firoase* sînt acelea la care rădăcina principală nu se dezvoltă sau dispăre, locul acesteia luîndu-l radicelele sau rădăcinile adventive, de mărime egală, în număr mare, formînd un mănunchi sau fascicul (fig. 192). Cerealele, ierburile și plantele cu bulbi se caracterizează prin rădăcini de acest tip.

c) *Rădăcini rămuroase* sînt acelea la care se dezvoltă rădăcina principală și radicelele de ordinul întîi, care ajung tot așa de groase și de lungi ca și rădăcina principală. Mulți arbori din pădurile noastre de foioase se caracterizează prin rădăcini de acest tip.

După felul de creștere, adîncimea și întinderea în lățime a rădăcinilor, caractere care depind de specie și de condițiile de mediu, rădăcinile plantelor pot aparține, de asemenea, la trei tipuri principale: rădăcini care se dezvoltă în *profunzime*, rădăcini care se dezvoltă *orizontal* și rădăcini care se dezvoltă *atît în profunzime cît și orizontal*.

Ultimul tip este cel mai favorabil pentru plantă, ca unul ce permite explorarea unui volum mai mare de sol.

Asupra dezvoltării sistemului radicular influențează mai mulți factori, dintre care cei mai importanți sînt: tipul de sol, umiditatea, cantitatea și distribuția substanțelor minerale în sol, natura subsolului, ereditatea plantei.

Una și aceeași specie de plantă poate prezenta forme diferite de rădăcini, după natura acestor factori externi. *Pinus silvestris*, de exemplu, are rădăcini pivotante cînd crește pe sol nisipos și rădăcini rămuroase, care se întind orizontal în păturile superficiale ale solului, cînd crește pe mlaștini turboase. Cît de mult influențează umiditatea morfologia sistemului radicular, se poate vedea din cazul plantei *Astragalus lamberti* (fig. 193).

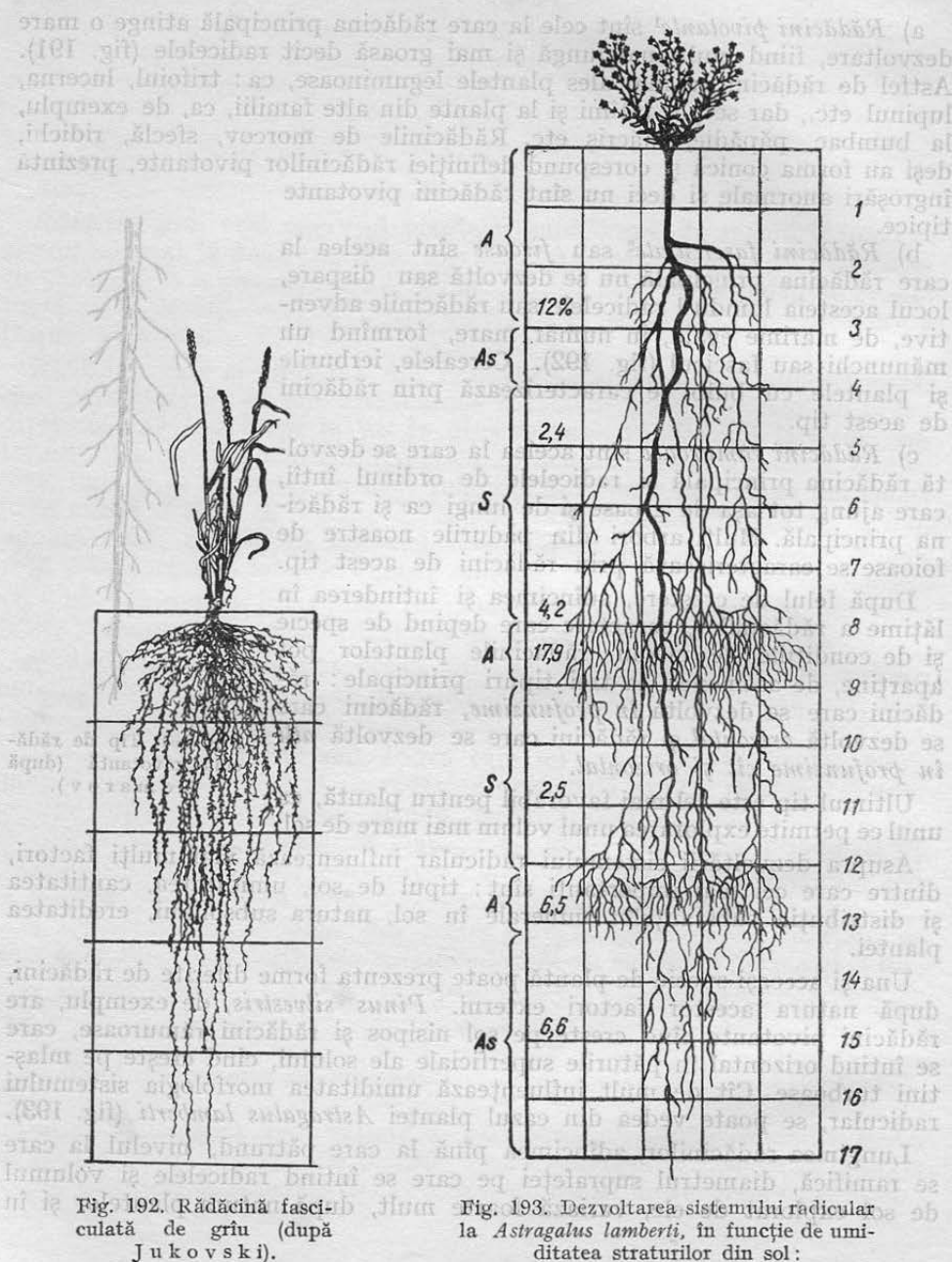
Lungimea rădăcinilor, adîncimea pînă la care pătrund, nivelul la care se ramifică, diametrul suprafeței pe care se întind radicelele și volumul de sol explorat de ele, variază foarte mult, după natura plantelor și în



Fig. 191. Tip de rădăcină pivotantă (după Komarov).

¹ De la fr. *pivot* = cui, țaruș.

² De la latin. *fasciculi* = mănunchiuri.



funcție de factorii amintiți. În general, sistemul subteran al plantei întrece ca suprafață pe cel aerian de 5 pînă la de 15 ori, iar rădăcinile orizontale ale arborilor fructiferi depășesc circumferința coroanei de două pînă la cinci ori.

b. Morfologia și structura vîrfului rădăcinii

Vîrful unei rădăcini tinere prezintă următoarele cinci regiuni: *a)* regiunea pilorizei, *b)* regiunea vîrfului vegetativ, *c)* regiunea netedă, *d)* regiunea piliferă și *e)* regiunea aspră (fig. 194).

a) Piloriza, scufia sau caliptra (*Pil* din fig. 194), este țesutul învelitor al vîrfului delicat al rădăcinii, avînd forma de degetar și rolul de apărare al acestuia în timpul creșterii rădăcinii în jos. Piloriza este pluristratificată, alcătuită din celule parenchimatice, fiind mai groasă în dreptul vîrfului cu care este și concreșcută, și mai subțire pe laturi. Din cauza frecării de sol în timpul creșterii rădăcinii, straturile exterioare ale pilorizei se uzează și cad, alte straturi, născute la interior, luîndu-le locul și făcînd ca grosimea ei să rămînă constantă.

Piloriza se observă numai cu lupa. La rădăcinile aeriene ea este în general mai mare, în timp ce la plantele acvatice ca *Lemna* (fig. 195), *Hydrocharis* etc., ea este înlocuită cu un organ în formă de deget de mînușă, mult mai lung și care nu se uzează, numit *rizomitra*. Aceasta are o altă origine decît piloriza. Plantele superioare parazite, cum este *Cuscuta* (torțelul) n-au piloriză. Cazurile de rădăcini fără piloriză sînt însă, în general, rare. Printre acestea cităm: castanul sălbatic, *Trapa natans*, bromeliaceele epifite. În schimb, *Pandanus* are o piloriză multiplă.

b) Vîrful rădăcinii (*A*, din fig. 194) este ocupat de celula inițială (criptogame vasculare) sau de grupe de celule inițiale (gimnosperme și angiosperme), care, prin diviziuni periclinală și anticlinală, dau meristemul primordial (v. fig. 122, 123 și 124), iar acesta dă naștere celor trei foițe histogene: dermatogenul, periblemul și pleromul. Lungimea totală a acestei zone atinge abia 2—3 mm.

c) Regiunea netedă (*B*, din fig. 194) este zona de creștere în lungime a rădăcinii și cuprinde următorii 2—3 mm. Aici celulele nu se mai divid, dar cresc prin întindere, ajungînd să-și mărească de cîteva ori dimensiunile inițiale (fig. 196). Creșterea prin întindere a ansamblului celulelor acestei zone produce forța datorită căreia rădăcina poate pătrunde în pămînt.

d) Regiunea piliferă (*C*, din fig. 194) coincide cu zona de specializare a celulelor. Aici cele trei foițe histogene amintite vor da naștere respectiv rizodermei, scoarței și cilindrului central al rădăcinii. Epiderma rădăcinii se mai numește *rizodermă*¹ sau *epiblem*, și ea dă naștere perișorilor sugători sau absorbantți. Lățimea regiunii pilifere este de 0,1 pînă la 1 cm.

¹ De la grec. *rhiza* = rădăcină și *derma* = piele.

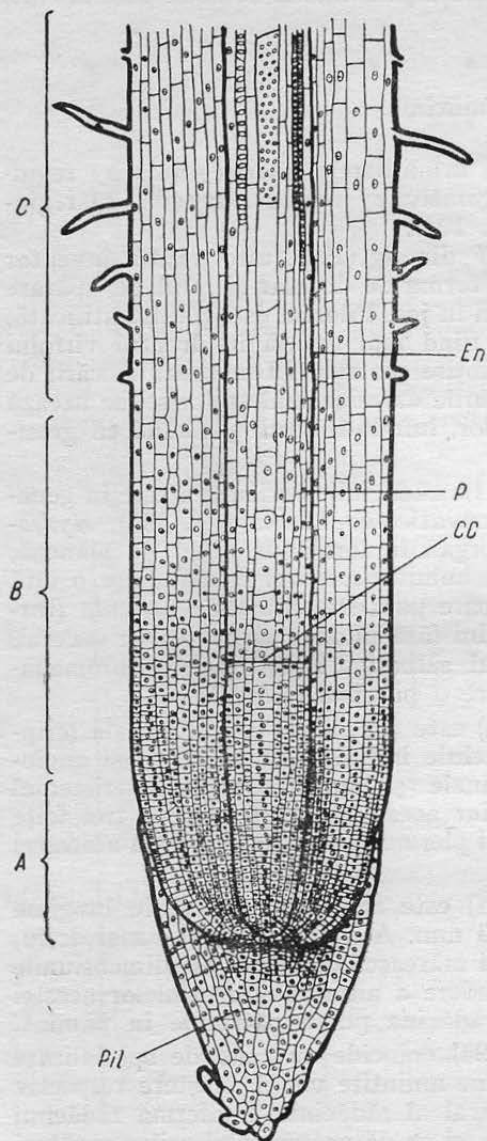


Fig. 194. Secțiune longitudinală prin vârful rădăcinii de orz, *Hordeum sativum*:

Pil — piloriza; *A* — vârful vegetativ; *B* — regiunea netedă; *C* — regiunea piliferă; *CC* — cilindrul central; *p* — pericicl; *En* — endoderm (după Troll).

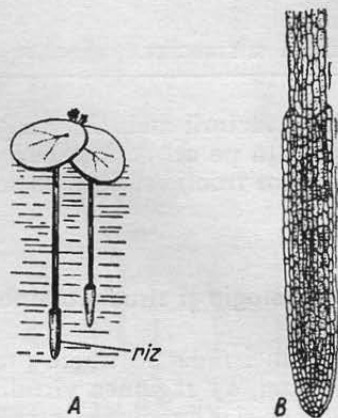


Fig. 195. Lintă-de-baltă (*A*) cu rizomitra (*riz*); *B* — rizomitra mult mărită (după Grințescu).

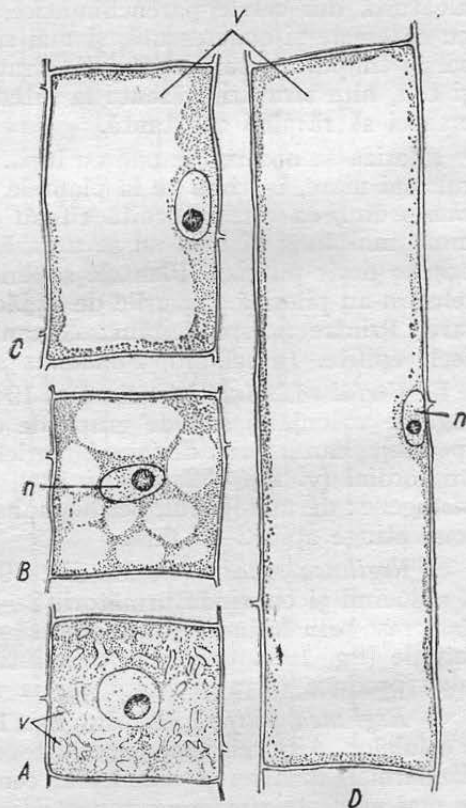


Fig. 196. *A* — *D*. Fazele succesive de creștere prin întindere a unei celule meristematice nou formate:

n — nucleu; *v* — vacuola (după Guilliermond).

Perii radiculari care învelesc ca un manșon continuu rădăcina în regiunea piliferă, sînt unicelulari, rar formați din două celule, cilindrici, născuți prin creșterea celulei epiblemului perpendicular pe suprafața rădăcinii. Un păr sugător (fig. 197) este o proeminență cilindrică, lung de cîteva sutimi de milimetru (încît nu se poate vedea decît cu lupa), pînă la cel mult 10 mm (la sfecla-de-zahăr), avînd membrana foarte subțire și în gene-

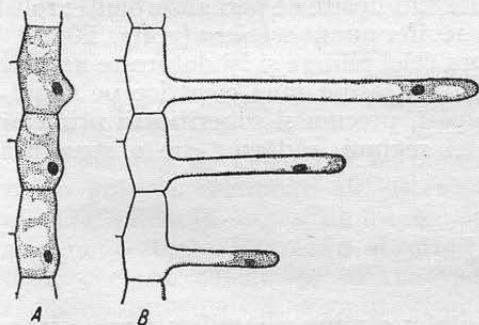


Fig. 197. Formarea perilor sugători:

A, B — perișori în diferite stadii de dezvoltare (după Troll).

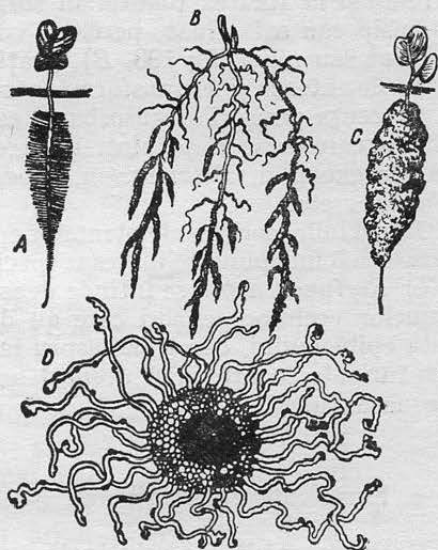


Fig. 198. Dezvoltarea sistemului radicular la *Brassica napus*:

A — peri sugători; B, C — peri sugători cu pămînt lipit pe ei; D — secțiune transversală prin rădăcină la nivelul regiunii pilifere (după Kursanov).

ral celulozică, foarte rar ușor cutinizată. În interior se află nucleul aproape de vîrf, înconjurat de citoplasmă mai abundentă, în timp ce în restul părului, citoplasma căptușește ca un strat subțire membrana. În centrul părului se află o vacuolă centrală mare, plină cu suc celular, care absoarbe prin endosmoză apa cu substanțele minerale din sol, de unde și numele lor de peri sugători sau absorbânți. Numărul perișorilor sugători este foarte mare, între 200 și 400 pe 1 mm². Ei se găsesc atît pe rădăcina principală cît și pe radicele, realizînd o suprafață de absorbție de zeci și chiar sute de metri pătrați.

Pentru a ne face o idee despre proporțiile pe care le poate atinge sistemul radicular față de cel caular, vom cita următorul exemplu: la planta de secară, *Secale cereale*, înaltă de 50 cm, cu o suprafață aeriană de 5,25 m², lungimea totală a radicelelor de ord. I—II—III și IV atinge 623 km, cu o suprafață totală de 260 m². Lungimea perișorilor absorbânți (în număr

de circa 14 bilioane) atinge 10 625 km iar suprafața 441 m² (după M. Guinocet).

Perii radiculari se dezvoltă foarte repede, ajungând maturi în decurs de 36—40 de ore. Din cauza durtății solului și a activității lor intense însă ei au o viață scurtă, de numai 10—20 de zile, după care mor, fiind înlocuiți cu alți perișori, așa fel încât lățimea zonei pilifere rămâne aproximativ aceeași. Pe lângă funcția de absorție, care este principală, perișorii contribuie și la fixarea plantei în sol. Smulgând cu grijă o plantulă cultivată în nisip sau sol afânat, perișorii vor scoate cu ei un volum apreciabil de pământ sau nisip (fig 198, B), grație membranei lor care la vîrf își gelifică paturile externe și le transformă într-un mucilagiu cu care aderă de substrat.

Prezența perișorilor absorbantți este un caracter constant numai al rădăcinilor care cresc în pământ. Printre plantele acvatice există specii cu peri, ca, de exemplu, *Potamogeton*, *Elodea* etc. și specii fără peri, ca: *Nuphar*, *Butomus* etc.

Rădăcinile aeriene ale plantelor epifite sînt lipsite de peri absorbantți; rolul acestora îl îndeplinește un țesut special acvifer numit *velamen* (v. fig. 205).

e) *Regiunea aspră* se întinde deasupra celei pilifere și își datorește numele urmelor vechilor perișori care au dispărut, lăsînd mici cicatrice pe suprafața epiblemului, care-l fac aspru la pipăit, precum și suberificării primelor straturi ale scoarței. În dreptul acestei regiuni, rădăcina are o structură primară tipică.

c. Ramificația rădăcinii

Foarte rar rădăcina principală a plantelor rămîne neramificată; un exemplu de acest fel este rădăcina de *Lemna minor* (fig. 195). De regulă, ea se ramifică dînd naștere la ramuri care se numesc *radicele* și care îi măresc considerabil suprafața.

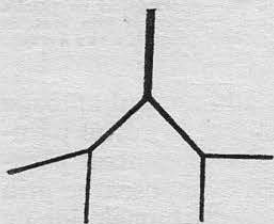


Fig. 199. Schema ramificației dicotomice (după Grințescu).

Rădăcinile plantelor pot prezenta două moduri principale de ramificație: dicotomică și monopodială.

*Ramificația dicotomică*¹, azi foarte rară, o întîlnim numai la rădăcinile de *Lycopodium* și *Selaginella*. Ea se caracterizează prin aceea că vîrfurile rădăcinii principale se bifurcă de la început formînd două radicele surori, egale; apoi fiecare dintre ele se bifurcă în alte două ramuri egale, care la rîndul lor se vor bifurca din nou ș.a.m.d. (fig. 199).

*Ramificația monopodială*² este modul cel mai obișnuit de ramificație al rădăcinii. În acest caz, rădăcina are o *axă principală* ce crește continuu și care dă naștere la *ramuri laterale* sau radicele, de ordinul I. Acestea,

¹ De la latin *dichotomus*, *a, um* = despăcat în două.

² De la grec. *monos* = unul singur și *pus, podos* = picior.

la rîndul lor, pot da naștere la radicele de ordinul II, radicele de ordinul II, la radicele de ordinul III etc. Întregul sistem de ramificație monopodială în totalitatea sa are înfățișarea unui con răsturnat, a cărui axă este rădăcina principală (fig. 200). Radicelele au o origine profundă, endogenă, și o dispoziție regulată pe rădăcina principală.

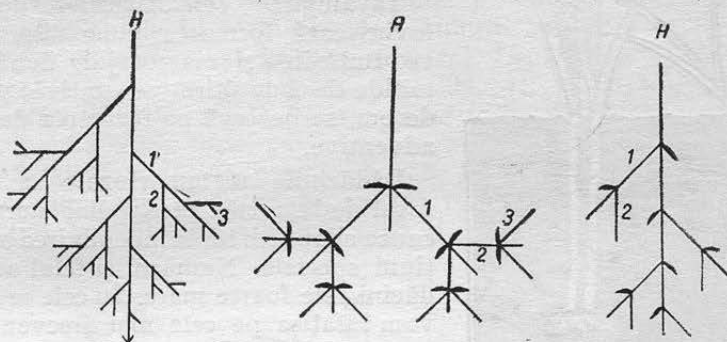


Fig. 200. Schema ramificației monopodiale:
H — axa principală; 1, 2, 3 — radicele de ordinul I, II, III, (după Strasburger).

La plantele de cultură și la pomii roditori, omul poate provoca schimbări ale sistemului de ramificație al rădăcinilor, în scopul de a-l îmbogăți și deci de a asigura acestora o fixare și o absorbție mai bună. Metoda aceasta constă în tăierea porțiunii de vîrf a rădăcinii principale și a radicelelor. În urma tăierii se dezvoltă un număr foarte mare de radicele. Când puieții tineri de pomi se scot și se replantează în alt loc (la măr, păr, nuc etc.), acestora li se taie vîrfurile rădăcinilor. La butași, formarea de rădăcini adventive poate fi provocată prin tratarea lor cu diferite substanțe chimice rizogene, cum sînt vitaminele B₁, B₆, PP etc.

Rădăcinile adventive, după cum știm, nu provin din radacula embrionului și nici nu se formează pe rădăcina principală sau pe radicele, ci pe tulpină, ramuri sau frunze.

Cele mai multe monocotiledonate, nici n-au rădăcină normală. Aceasta dispare foarte curînd după germinația seminței, locul ei luîndu-l un smoc de rădăcini adventive, ca la graminee (fig. 201). La orhidee, sămînța este foarte mică și are un embrion fără radiculă. Rădăcinile lor se formează de-a dreptul pe tulpină, fiind toate adventive.

De asemenea, criptogamele vasculare, neavînd embrion, n-au decît rădăcini adventive, care se formează pe rizomi.

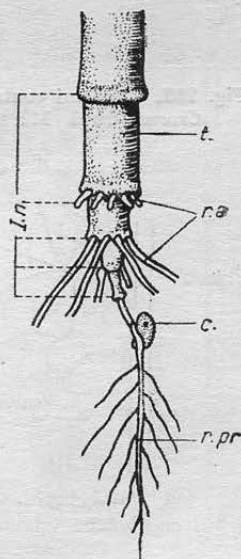


Fig. 201. Dezvoltarea aparatului radicular la porumb (*Zea mays*):
t — tulpina; r.a. — rădăcini adventive; c — cariopsa de porumb; r.pr. — rădăcină principală (după H. Camelfort și J. Paniel).

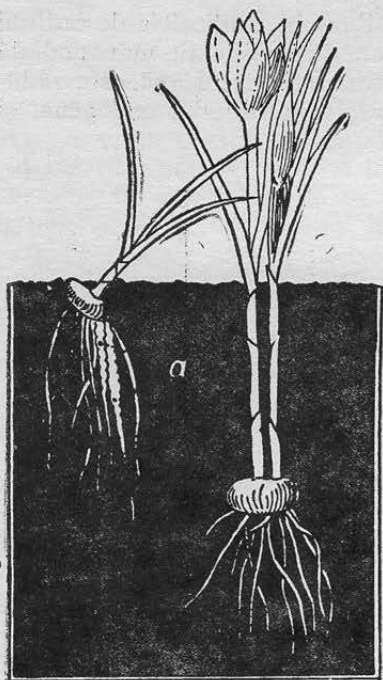


Fig. 202. Rădăcini contractile (a) de *Crocus* (după Massart).

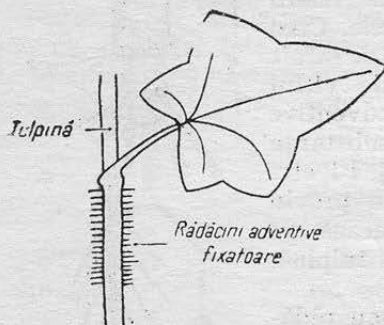


Fig. 203. Tulpină de iederă (*Hedera helix*) cu rădăcini adventive aeriene fixatoare.

Alte organe pe care se pot forma rădăcini adventive sînt tulpinile subterane (bulbi, tuberculi, rizomi), ramurile multor arbori, arbuști și plante ierboase, precum și frunzele unor specii de *Begonia* și altele.

Tăvălugirea semănturilor de cereale favorizează formarea rădăcinilor adventive. Butășirea și marcotajul, două moduri rapide de înmulțire vegetativă practicate de om, se bazează pe formarea de rădăcini adventive.

Rădăcinile metamorfozate se abat cu totul de la forma rădăcinilor normale, din cauza adaptării lor la îndeplinirea unor funcțiuni speciale. Numărul și felul acestor rădăcini este foarte mare. În cele ce urmează, vom înfățișa pe cele mai frecvente.

a) **Rădăcinile contractile** au însușirea de a se scurta, putîndu-și reduce cu pînă la 50% lungimea lor normală. Fenomenul are loc prin micșorarea celulelor scoarței interne și a încrețirii scoarței externe, fapt posibil numai în lipsa țesuturilor mecanice. Prin contracția lor, acest fel de rădăcini realizează o mai bună fixare a plantei sau trag bulbi sau tuberculi la adîncimea potrivită (fig. 202). La unele plante, toate rădăcinile se pot contracta, pe cînd la altele, cum este cazul la *Crocus sativus* (șofranul), unele rădăcini rămîn normale, altele devin contractile. Se numește *heterorizie*¹ această însușire a unor plante de a avea două feluri de rădăcini.

b) **Rădăcinile aeriene fixatoare** se întîlnesc la multe liane. Astfel de plante au în pămînt rădăcini normale, iar pe tulpina lor învîrtitoare au rădăcini adventive cu care se fixează de suport. Acesta este tot un caz de heterorizie. Dintre lianele noastre *Hedera helix* (iedera) are rădăcini aeriene fixatoare (fig. 203).

c) **Rădăcinile proptitoare** se găsesc mai ales la arborii aparținînd genului *Ficus* din familia *Moraceae*. Acestea sînt rădăcini adventive aeriene care apar pe tulpină, atîrnă în jos și, după ce ating pămîntul, se îngroașă și

¹ De la grec. *heteros* = diferit și *rhiza* = rădăcină.

ramifică, sprijinînd trunchiul arborelui ca niște propte. La unii arbori tropicali care trăiesc în zonele inundabile ale râurilor, ca: *Rhizophora*, *Pandanus* etc. se întîmplă ca rădăcina principală să putrezească, iar trunchiul lor să rămîna sprijinit ca pe niște catalige, pe rădăcinile aeriene proptitoare.

d) *Rădăcinile tuberizate* au ca funcțiune principală înmagazinarea de rezerve organice. Ele își încetează de timpuriu creșterea în lungime, își pierd piloriza și se îngroașă în mod exagerat. La *Daucus carota* (morcov) se tuberizează rădăcina principală (fig. 204, A), la *Dahlia* (gherghina) radicelele (fig. 204, B), iar la *Ficaria verna* (grîușor) rădăcinile adventive (fig. 204, C). La sfecla roșie, partea tuberizată este axa hipocotilă, pe cînd la sfecla furajeră rădăcina principală este tuberizată. La țelină, *Apium graveolens*, din Fam. *Umbelliferae*, partea tuberizată este formată sus de baza tulpinii, la mijloc de axa hipocotilă și jos de rădăcină.

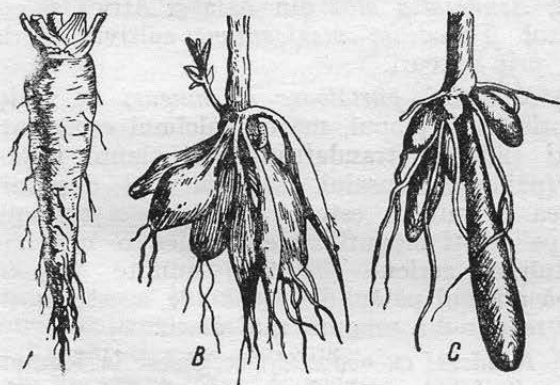


Fig. 204. Rădăcini tuberizate de morcov (A), gherghină (B) și grîușor (C) (după Grințescu).

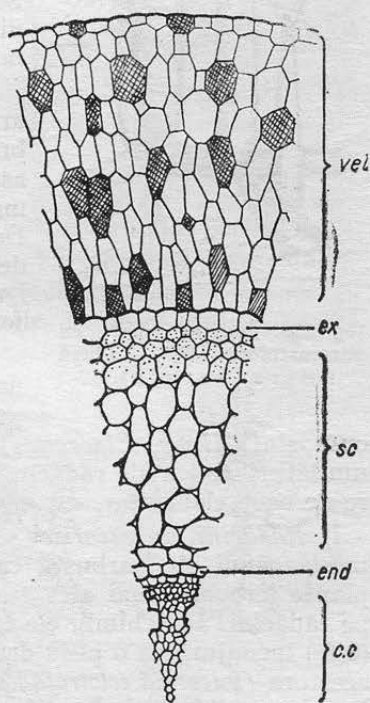


Fig. 205. *Velamen radicum* (vel):

ex — exodermul; sc — scoarța; end — endodermul; c.c — cilindrul central (după Haberlandt).

e) *Rădăcini care înmagazinează apa* se întîlnesc la multe monocotiledonate epifite: orhidee, bromeliacee și aracee. Aceste rădăcini aeriene sînt lipsite de peri sugători, al căror rol este îndeplinit de un țesut special numit *velamen radicum* (fig. 205). El constă din 2—12 straturi de celule poliedrice,

moarte, cu membrana suberificată, cu îngroșări spiralate sau reticulare și cu perforații prin care absorb apa de ploaie. Celulele velamenului iau naștere din dermatogen, prin diviziuni periclinale, și deci reprezintă o rizodermă pluristratificată.

f) *Rădăcini cu pneumatofori* au unele plante exotice de mlaștini, ale căror rădăcini trăiesc în nămol prin care aerul nu poate străbate la ele. De pe rădăcinile lor normale se ridică în sus (geotropism negativ) niște ramuri scurte și groase numite *pneumatofori* (fig. 206). În interiorul pneumatoforilor se află aerenchim, iar la vârful lor, care iese la suprafața apei, fie că au lenticelae fie că țesutul exterior se rupe, permițând schimbul de gaze dintre rădăcină și mediul exterior. Ca exemple de plante cu pneumatofori cităm pe *Jussieua peruviana* din America de Sud, *Sonneratia alba* din Asia și Africa și coniferul *Taxodium mexicanum*, cultivat și la noi, prin parcuri.

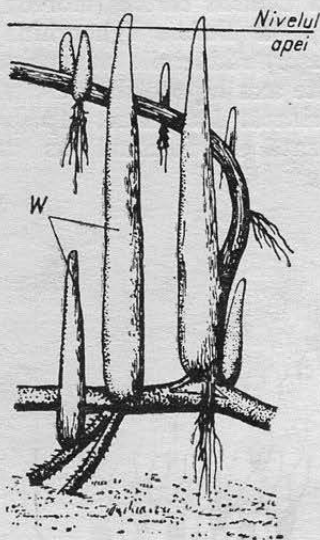


Fig. 206. *Jussieua repens* cu pneumatofori (W) (după Strasburger).

g) *Rădăcini purtătoare de muguri* au mulți arbori (teiul, plopul, mărul, salcîmul etc.), arbuști (liliacul, trandafirul) sau plante ierboase (pălămida, susaiul, măcrișul etc.), deși formarea mugurilor este o funcțiune a tulpinii. De pe acești muguri adventivi ies o mulțime de tulpini aeriene (fig. 207) numite *drajoni*. După plivitul pălămidei din holde, aceste buruieni reapar din mugurii radiculari.

h) *Rădăcini cu nodozități* se găsesc la leguminoase (trifoi, lucernă, lupin, mazăre etc.) și la puțini arbori și arbuști aparținînd altor familii, cum sînt *Alnus*, *Elaeagnus*, *Hippophaë* etc. Nodozitățile reprezintă mici umflături sferice ale rădăcinilor (fig. 208), cauzate de niște bacterii fixatoare de azot elementar, cu care plantele respective trăiesc în simbioză.

i) *Rădăcini cu micorize*¹ se întîlnesc la mulți arbori, ca: stejarul, teiul, mesteacănul etc., arbuști, ca alunul, multe *Ericaceae*, precum și la unele plante ierboase, mai ales graminee. Astfel de plante n-au peri absorbantî pe rădăcini. În schimb, ele trăiesc în simbioză cu ciuperci, ale căror celule (hife) înconjură ca o pîslă deasă vîrfurile rădăcinilor, rămîinînd la exteriorul acestora (*micoriză ectotrofă*) sau pătrunzînd în scoarță (*micoriză endotrofă*). La pin, molid și alte conifere, pătrunderea ciupercii în rădăcină provoacă formarea unor nodozități asemănătoare cu cele produse de bacterii.

j) *Rădăcinile asimilatoare* sînt o raritate la plante. Astfel de rădăcini au unele orhidee epifite, ca: *Taeniophyllum*, *Polyrrhiza*, *Podostemonaceae*

¹ De la grec. *mykes* = ciupercă și *rhiza* = rădăcină.

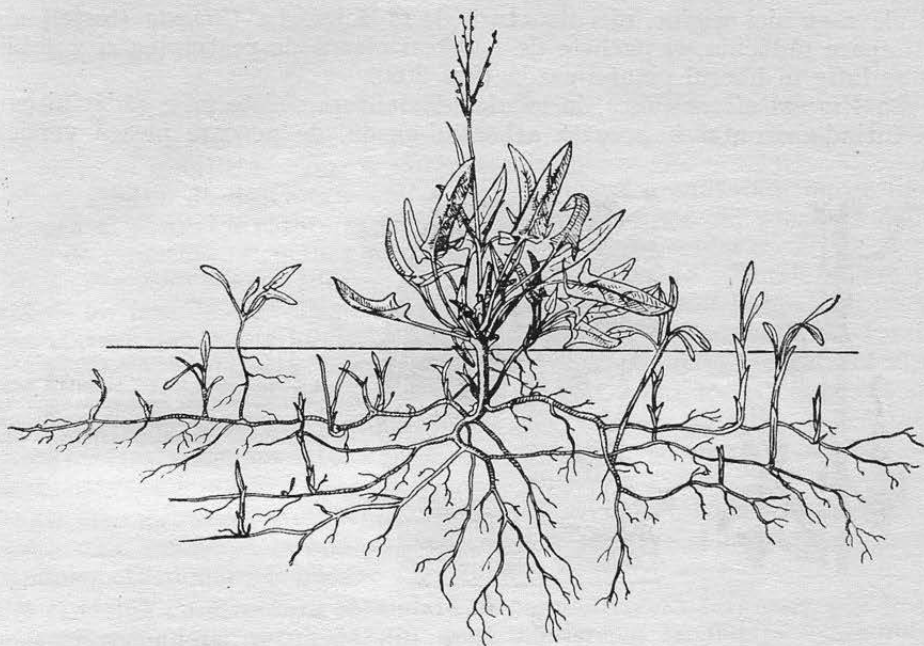


Fig. 207. *Rumex acetosella*. Habitusul plantei, cu muguri și lăstari radiculari (după Troll).

etc. Preluând funcțiunea frunzei, rădăcinile aeriene ale acestor plante au forma de panglici late și culoarea verde ca frunzele. Pe dosul lor însă poartă peri sugători, ca și rădăcinile.

k) *Rădăcini reduse și rădăcini false. Plante superioare fără rădăcini.* La puținele fanerogame semiparazite, cum sînt *Melampyrum*, *Rhinanthus*, *Thesium* (care încă mai au puțină clorofilă), precum și la cele complet parazite și deci lipsite de clorofilă, ca: *Orobanchae*, *Lathraea* etc. rădăcinile sînt foarte slab dezvoltate. Astfel de plante se smulg foarte ușor din pămînt. În schimb, plantele amintite produc o serie de organe speciale, de origine și formă diferite, cu care sug seva brută (cele semiparazite) sau elaborată (cele parazite) din planta-gazdă. Astfel de organe se numesc *haustori*¹

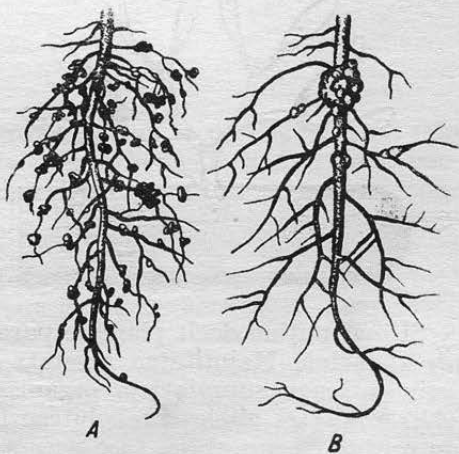


Fig. 208. Nodozități pe rădăcini de mazăre (A) și lupin (B) (după Troll).

¹ De la latin, *haurio, ire* = a suga.

și ele n-au nici origine, nici structură de rădăcini. La *Cuscuta* (torțel) nici nu apare rădăcina, ci pachete de haustori pleacă de pe tulpina ei volubilă și se înfig în liberul plantei-gazdă (fig. 209).

La *Viscum album* (visc), în locul rădăcinii apar niște false rădăcini care se întind orizontal în scoarța arborelui-gazdă, de pe care pleacă vertical

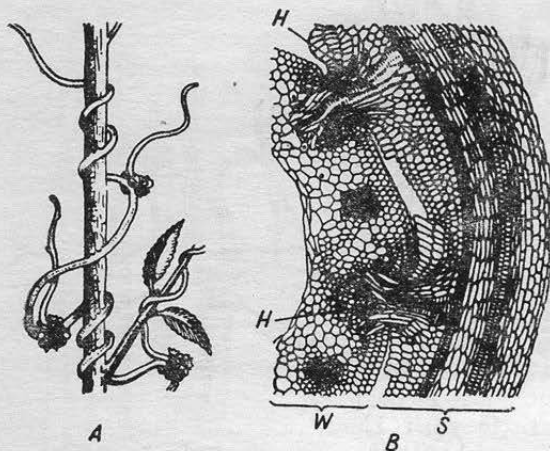


Fig. 209. *Cuscuta europaea*:

A — ramură de tulpină parazitată de torțel; B — secțiune transversală prin tulpina plantei-gazdă (W) și longitudinală prin tulpina parazitului (S); H — haustorii (după Strasburger).

o serie de haustori de formă conică, al căror vîrf se înfige în vasele lemnoase ale gazdei, de unde absoarbe seva brută pe care o prelucurează în frunzele lui verzi (fig. 210).

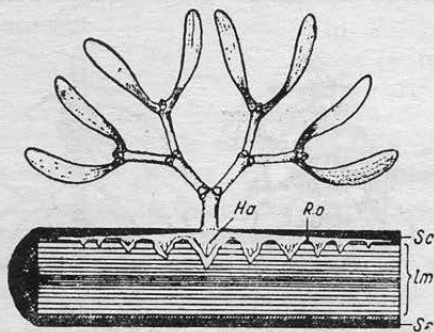


Fig. 210. Secțiune longitudinală printr-o ramură parazitată de visc:

Sc — scoarță; lm — lemn; Ro — rădăcini false orizontale; Ha — haustorii (după Troll).

Și mai puține decît plantele parazite sînt exemplele de cormofite lipsite de rădăcină. Majoritatea acestora trăiesc în apă, pe care o absorb ușor prin întreaga suprafață a organismului, ca, de exemplu, *Ceratophyllum*, *Aldrovanda* și altele care plutesc în apă, sau prin frunze metamorfozate în organe de absorbție, ca *Salvinia* (v. fig. 187) sau *Utricularia* (otrățelul-de-baltă). Și unele orhidee saprofite, cum este *Corallorrhiza*, sînt lipsite de rădăcină și absorb apa cu substanțele organice din sol prin rizom.

d. Anatomia rădăcinii

Felul și caracterele țesuturilor care alcătuiesc rădăcina, adică anatomia acesteia, pot fi studiate pe secțiuni subțiri, transversale și longitudinale, executate la diferite niveluri și observate la microscop.

După stadiul de dezvoltare ontogenetică și după gradul de evoluție filogenetică al plantelor cărora aparțin, rădăcinile acestora pot prezenta două tipuri de structuri: structură primară și structură secundară.

Structura primară a rădăcinii este prezentă la toate plantele tinere în primele lor faze de dezvoltare, în regiunile vârfului tuturor rădăcinilor plantelor mature, iar la pteridofitele actuale și la monocotiledonate (cu foarte rare excepții), precum și la multe dicotiledonate ierboase, aceasta rămâne singura formă de structură a rădăcinii în toată viața lor. O rădăcină cu structura primară își are toate țesuturile alcătuitoare primare, adică provenite din cele trei meristeme primare cunoscute, și nu este capabilă de îngroșări apreciabile.

Structura secundară a rădăcinii se găsește la toate gimnospermele și dicotiledonatele lemnoase, la multe dicotiledonate ierboase și la puținele specii de monocotiledonate lemnoase existente.

O rădăcină cu structură secundară se caracterizează prin prezența unor țesuturi secundare, rezultate din două meristeme secundare — cambiul și felogenul —, care se suprapun peste țesuturile primare, complicându-i structura și permițându-i să se îngroașe an de an, toată viața plantei. Evident că apariția structurii secundare la plantele amintite reprezintă un important progres filogenetic față de acele plante care au rămas limitate la structura primară.

În cele ce urmează, vom analiza cele două tipuri de structuri ale rădăcinilor.

Structura primară a rădăcinii

Pe o secțiune transversală făcută într-o rădăcină la nivelul regiunii pilifere, se observă la microscop dispoziția țesuturilor sale în trei zone concentrice bine delimitate. Începînd de la exterior spre interior, aceste zone se numesc: rizoderma, scoarța și cilindrul central (fig. 211). Din cauza condițiilor de mediu relativ uniforme care domnesc în sol, structura primară a rădăcinii de la diferite plante prezintă destul de puține variații, fapt care ne permite să descriem fiecare țesut în parte, semnalînd doar eventualele abateri de la structura lui tipică.

1. **Rizoderma** sau **epiblemul**¹ este un țesut format dintr-un singur strat de celule parenchimatice, ușor alungite în direcția lungimii rădăcinii, vii, strîns legate între ele, multe fiind transformate în peri absorbantși (fig. 212,rz).

¹ De la grec. *epiballein* = a pune deasupra.

Acest țesut nu este omolog cu epiderma organelor aeriene. Nu numai originea lui este diferită de aceea a epidermei (se naște din altă inițială a conului vegetativ), ci și structura și funcțiunile sale sînt altele. Celulele rizodermei nu sînt cutinizate, nu produc stomate și nu servesc la apărare, ci la absorbția sevei brute.

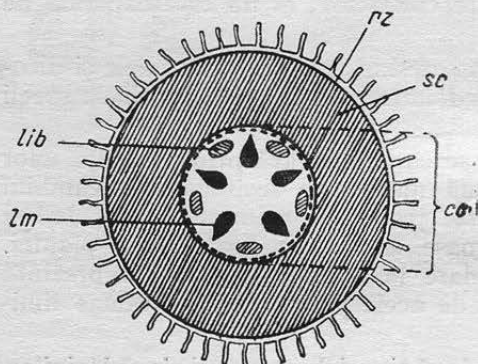


Fig. 211. Schema structurii primare a rădăcinii de *Ranunculus acer*:

rz — rizoderma cu peri absorbantți; sc — scoarța; cc — cilindrul central; lib. — fascicul liberian; lm — fascicul lemnos (după Grințescu).

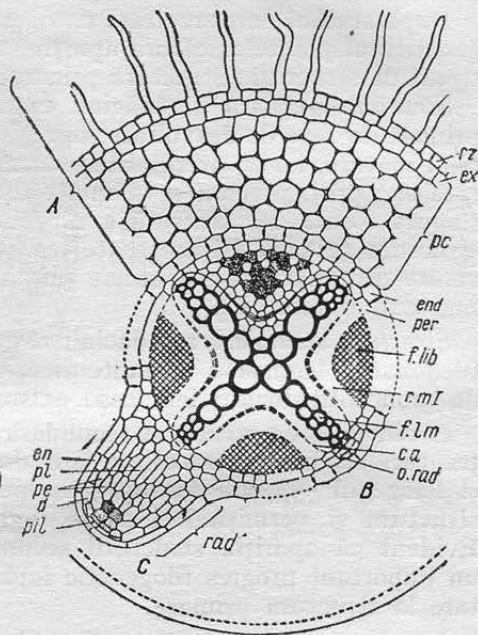


Fig. 212. Secțiune transversală printr-o rădăcină de dicotiledonate cu structură primară:

A — scoarța cu perișori; B — cilindrul central; rz — rizoderma; ex — exodermă; pc — parenchim cortical; end — endodermă; per — periciclul; f.lib. — fascicul liberian; r.m.I — raze medulare primare; f.lm — fascicul lemnos; ca — cambiu; o.rad — originea radicelei; C — radicea (rad.) pe punctul de a ieși din rădăcină; en — endodermă; pil — piloriza; d — dermatogen; pe — periblem; pl — plerom (după Stocker).

Rizoderma are o viață scurtă. Deasupra regiunii aspre, ea se dezorganizează și dispăre, rolul de apărare preluându-l primul strat al scoarței. La plantele acvatică, rizoderma nu dispăre; ea poate să nu producă peri absorbantți. La rădăcinile unor orhidee epifite, rizoderma se transformă într-un țesut pluristratificat acumulator de apă, numit *velamen* (v. fig. 205).

2. **Scoarța sau parenchimul cortical**¹ este formată dintr-o serie de straturi de celule (fig. 212, pc) parenchimatică, vii, cu pereții subțiri, celulo-

¹ De la latin, *cortex*, *-icis* = scoarță.

zici și cu spații intercelulare, cu substanțe de rezervă. De la această alcătuire fac excepție straturile extreme ale scoarței, primul și ultimul.

Primul strat al parenchimului cortical se numește *exoderm*¹. Celulele sale sînt poliedrice, strîns legate între ele și au membranele suberificate. Procesul de suberificare însă s-a petrecut pe loc, țesutul rămîne primar, fiind unul din rarele exemple de suber primar. Rolul exodermului este de apărare și acest rol și-l preia după exfolierea rizodermei. La monocotiledonate, exodermul rădăcinii poate fi alcătuit din mai multe straturi de celule suberificate (2—5), în care caz poartă numele de *cutis*. În cazuri rare, exodermul lipsește (mazăre).

După exoderm urmează o serie de straturi de celule cu contur poliedric sau oval pe secțiune, straturi uneori avînd celulele mai regulat așezate în părțile exterioare decît în cele interioare. În acest caz, primele straturi de sub exoderm formează *scoarța externă*, cele mai profunde straturi alcătuiesc *scoarța internă*. Nu la toate rădăcinile se poate face o astfel de distincție.

La unele plante, ca, de exemplu, la graminee și ciperacee, scoarța poate avea porțiuni sclerificate, la altele în scoarță se află laticifere sau canale secretoare; rădăcinile plantelor acvatice au mari lacune cu aer în scoarță.

Ultimul strat al scoarței — cel mai profund — are o conformație specială și poartă numele de *endoderm*² (*end*, fig. 212). Celulele endodermice, perfect egale între ele, sînt strîns unite. Pe secțiune transversală ele apar cu contur pătratic. Pereții lor laterali, exteriori și interiori prezintă, în regiunea mediană, cîte o porțiune îngroșată și suberificată ce înconjură celula și se leagă strîns cu banda suberificată a celulei vecine. Aceste porțiuni suberificate ale celulelor endodermice poartă numele de *benzile lui Caspary*³. Pe secțiune transversală, benzile celor două celule vecine apar ca niște îngroșări lenticulare pe pereții radiali dintre celule, numite *punctele lui Caspary* (fig. 213). Cu o astfel de alcătuire, endodermul leagă strîns țesuturile din interior și le protejează, iar prin benzile lui suberificate, restrînge, în parte, circulația sevei în sens radial.

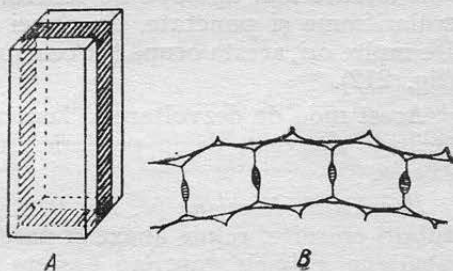


Fig. 213. Endodermul rădăcinii :

A — o celulă endodermică izolată, cu benzile lui Caspary; B — secțiune transversală prin endoderm. Se văd punctele lui Caspary (după Strasburger).

La monocotiledonate, endodermul este format, în general, din niște celule care pe secțiune apar în formă de potcoavă, avînd pereții laterali și peretele interior foarte îngroșați și lignificați, iar peretele exterior celu-

¹ De la grec. *exo* = în afară și *derma* = piele.

² De la grec. *endon* = înăuntru și *derma* = piele.

³ Robert Caspary (1818—1887), fost profesor de botanică la Königsberg.

lozic și rămas subțire. Celulele endodermice din dreptul fasciculelor lemnoase rămân cu pereți subțiri și se numesc *celule de pasaj*.

În mod excepțional, la *Smilax* (fam. *Liliaceae*), endodermul este format din două straturi de celule.

3. Cilindrul central sau stelul¹ este o coloană de țesuturi care umple tot centrul rădăcinii. El constă dintr-un parenchim fundamental în care stau împlintate fasciculele de lemn și de liber, separate și dispuse în alternanță. Primul strat al cilindrului central se numește *periciclu*, porțiunea din centrul rădăcinii ocupată de parenchim, când există, se numește *măduvă*, iar părțile de parenchim situate între fasciculele de vase și care leagă periciclu cu măduva se numesc *raze medulare primare* (v. fig. 212).

*Periciclu*² este format dintr-un singur strat de celule parenchimatice, mici, dispuse în alternanță cu celulele endodermului și strâns unite cu acestea (fig. 212, *per*). Celulele periciclului se pot divide din când în când, dând naștere la radiclele, din care cauză el se mai numește și *strat rizogen*. În cazuri rare, periciclu poate lipsi (la *Equisetum*), poate fi întrerupt în dreptul fasciculelor lemnoase (la *Juncus*) sau liberiene (la *Vallisneria*) sau poate fi pluristratificat (la *Vitis vinifera*).

Fasciculele lemnoase sînt dispuse în formă de raze și alternează cu cele liberiene (v. fig. 212, *flm*). La rădăcinile foarte tinere, ele constau exclusiv din vase. Primele vase iau naștere în vecinătatea periciclului, sînt strîmte, inelate și spiralate, lucru care se poate vedea pe secțiune longitudinală (fig. 214). Ele constituie *protoxilemul*³. Vasele care iau naștere mai târziu sînt situate mai aproape de centru. Ele sînt alcătuite din trahee reticulate, scalariforme și punctate, de obicei foarte largi, și constituie *metaxilemul*⁴. De multe ori, acesta ocupă tot centrul rădăcinii, în care caz nu există măduvă (fig. 212).

Acest mod de dezvoltare al fasciculelor lemnoase, în cadrul cărora vasele se nasc succesiv, de la periferie către centru (deci centripet) se numește *exarh*⁵.

Fasciculele liberiene (v. fig. 212, *f. lib*, și fig. 214, *lib*) sînt formate din tuburi ciuruite, celule anexe și parenchim liberian. Și în cadrul fasciculelor liberiene, primele vase iau naștere în apropierea imediată a periciclului și constituie *protofloemul*⁶, iar vasele care se nasc mai târziu cu cît sînt mai tinere cu atîta sînt mai aproape de centrul organului și constituie *metafloemul*⁷. În cazul liberului însă deosebirea între cele două categorii de elemente nu este așa de bine vizibilă ca la lemn. Sensul dezvoltării liberului este tot exarh, ca și al lemnului.

¹ De la grec. *stela* = coloană.

² De la grec. *peri* = în jur, și *kiklos* = cerc.

³ De la grec. *protos* = cel dintîi și *xylon* = lemn.

⁴ De la grec. *meta* = după și *xylon* = lemn.

⁵ De la grec. *exo* = în afară și *arkhos* = cap.

⁶ De la grec. *protos* = cel dintîi și *phloios* = scoarță.

⁷ De la grec. *meta* = după și *phloios* = scoarță.

Razele medulare dintre fasciculele liberiene și cele lemnoase pot rămâne cu celule având membranele celulozice (fig. 215, *rm*), sau se pot lignifica.

Măduva, în fine, se poate găsi ca un parenchim viu care ocupă centrul rădăcinilor tinere, sau poate dispărea mai târziu, locul ei putînd fi luat de

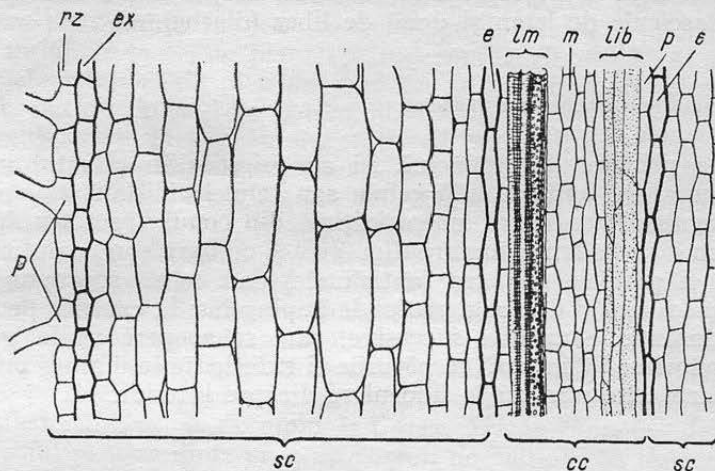


Fig. 214. Secțiune longitudinală într-o rădăcină tină de *Ranunculus acer*:

rz — rizodermă; ex — exodermă; sc — scoarță; e — endoderm; p — periclu, lm — fascicul lemnos; lib — fascicul liberian, m — meristem; cc — cilindru central (după Bonnier).

metaxilem (v. fig. 212 și 215). Măduva, în orice caz, nu constituie un țesut permanent și caracteristic pentru rădăcină.

Numărul fasciculelor de vase dintr-o rădăcină variază foarte mult de la plante la plante. Totdeauna însă există același număr de fascicule lemnoase și de fascicule liberiene. Rădăcinile cu cîte două fascicule de fiecare

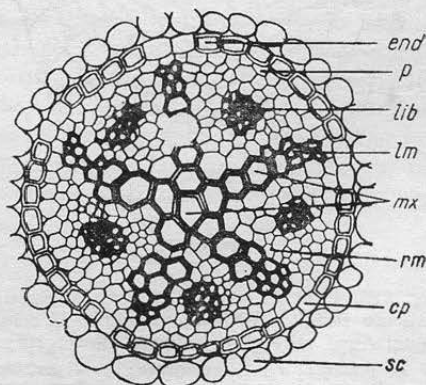


Fig. 215. Secțiune transversală prin cilindru central al rădăcinii adulte de *Ranunculus*

sc — scoarță; end — endoderm; cp — celule de pasaj; p — periclu; lib — fascicul liberian; lm — fascicul lemnos; mx — metaxilem; rm — raze medulare (după Grințescu).

fel se numesc *diarhe* (*Cruciferae*, *Umbelliferae*); cele cu trei, *triarhe* (mazărea, lintea); cele cu patru *tetrarhe* (fasolea); cele cu cinci, *pentarhe* (multe *Ranunculaceae*) etc. *Poliarhe* se numesc rădăcinile cu foarte multe fascicule, ca, de exemplu, cea de porumb sau cea de palmieri.

Cilindrul central al criptogamelor vasculare are, la cele mai multe ferigi, câte două fascicule de lemn și două de liber (*diarhe*).

Originea țesuturilor primare din rădăcină

Țesuturile primare din rădăcină își au originea în punctul vegetativ din vârful acesteia, unde se află celula sau celulele inițiale.

La criptogamele vasculare, unica inițială din conul vegetativ are forma de prismă cu laturile triunghiulare (fig. 216) și cu baza spre vârful rădăcinii. Diviziunile ei paralele cu baza (anticlinale) dau celule suprapuse, dintre care cele mai tinere și deci mai profunde împing înspre exterior pe cele formate mai înainte. Straturile succesive, care se acoperă unele pe altele, alcătuiesc piloriza. Pe măsură ce păturile ei exterioare se distrug prin uzură și se exfoliază, alte straturi le înlocuiesc dinspre interior.

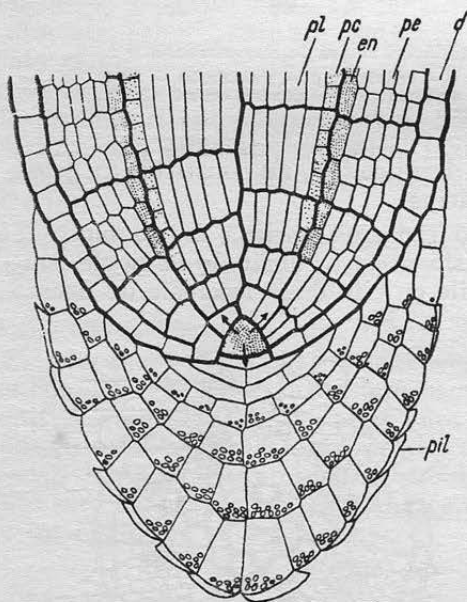


Fig. 216. Punctul vegetativ al vârfului rădăcinii de ferigi. Inițiala punctată dă celule noi după direcțiile indicate de săgeți:

pil – piloriza; *d* – dermatogen; *pe* – periblem;
pl – plerom; *pc* – periclu; *en* – endoderm (după Stocker).

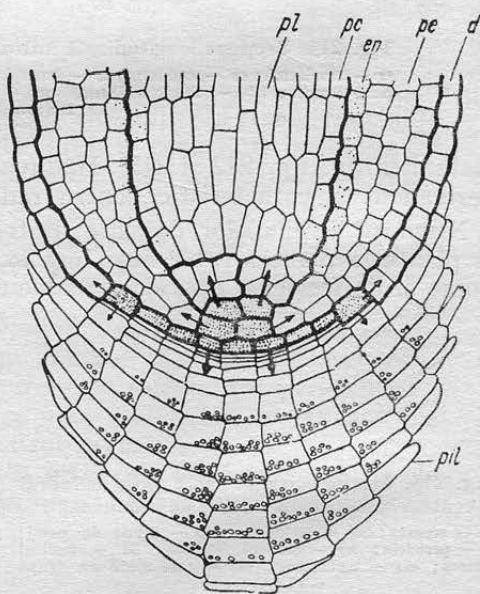


Fig. 217. Punctul vegetativ al vârfului rădăcinii de dicotiledonate:

pil – piloriza; *d* – dermatogen; *pe* – periblem;
pl – plerom; *pc* – periclu; *en* – endoderm (după Stocker).

Celula inițială se divide și paralel cu fețele (periclinal). Celulele născute în acest mod vor forma periblemul și pleromul (fig. 216, *pe*, *pl*). Ultimul strat, cel mai extern, al periblemului va da naștere dermatogenului (fig. 216, *d*)

Rădăcinile celor mai multe gimnosperme au în punctul lor vegetativ două inițiale sau grupuri de inițiale suprapuse, dintre care cea interioară dă naștere pleromului, iar cea exterioară periblemului și pilorizei. Dermatogenul nu apare la aceste plante. Rizoderma la gimnosperme se formează din celulele laterale ale pilorizei care nu se exfoliază, ci rămân lipite de periblem, putând da naștere perilor absorbantți.

La angiosperme, în punctul vegetativ al rădăcinii se găsesc trei inițiale sau trei grupuri de inițiale suprapuse (fig. 217), din diviziunile anticlinale și periclinalale ale cărora vor rezulta atât cele trei foițe histogene caracteristice cât și piloriza (fig. 217, *d*, *pe*, *pl*, *pil*). Este însă foarte greu de stabilit care anume foiță histogenă din care grup de inițiale ia naștere, deoarece acest proces se petrece foarte diferit la numeroasele unități sistematice din cadrul acestei vaste încrengături. Cazul înfățișat în figura 217, în care fiecare foiță histogenă se dezvoltă dintr-un grup propriu de inițiale, piloriza și dermatogenul având inițiale comune (numite caliptrodermatogene), se întâlnește la *Brassica* și alte dicotiledonate, dar nu este singurul. La multe monocotiledonate, ca, de exemplu, la *Carex*, *Eriophorum* etc., dermatogenul și periblemul se nasc dintr-un grup comun de inițiale, în timp ce pleromul și piloriza își au fiecare grupul propriu de inițiale.

Cercetări recente (1960) în problema histogenezei rădăcinii a efectuat G u t t e n b e r g și colaboratorii săi (citată după M e v i u s), cercetări ale căror rezultate contrazic multe date ale histologiei clasice.

Numeroasele moduri în care se face diferențierea histogenelor la rădăcina angiospermelor pot fi grupate în două tipuri fundamentale: tipul închis și tipul deschis.

Tipul închis cuprinde toate cazurile, asemenea celor descrise mai înainte, și altele, în care se pot stabili inițiale distincte pentru fiecare foiță histogenă.

Tipul deschis cuprinde toate cazurile în care inițialele histogenelor nu sînt evident distincte unele de altele. Așa, de exemplu, la *Helianthus annuus* (floarea-soarelui), piloriza, dermatogenul și periblemul se nasc dintr-un complex comun de inițiale, singur pleromul avînd inițiale proprii (fig. 218). În cazurile extreme ale acestui tip, cum este, de exemplu, la *Allium sativum* (usturoi), nici pleromul nu mai are inițiale proprii, ci toate cele trei foițe, împreună cu piloriza, își au originea într-un același complex de inițiale care ocupă centrul vîrfului vegetativ al rădăcinii și constituie așa-numita *columelă* (fig. 219).

Indiferent de modul cum iau naștere, histogenele, după ce se vor îndepărta de vîrful rădăcinii, împinse fiind de noile celule născute din inițiale, încep să se diferențieze și să dea țesuturile primare ale rădăcinii. Astfel, dermatogenul dă naștere rizodermei, periblemul scoarței, iar pleromul cilindrului central. Studii citochimice recente ale punctului vegetativ al rădăcinii de *Spermatophitae*, precum și măsurători ale vitezei cariocineze-

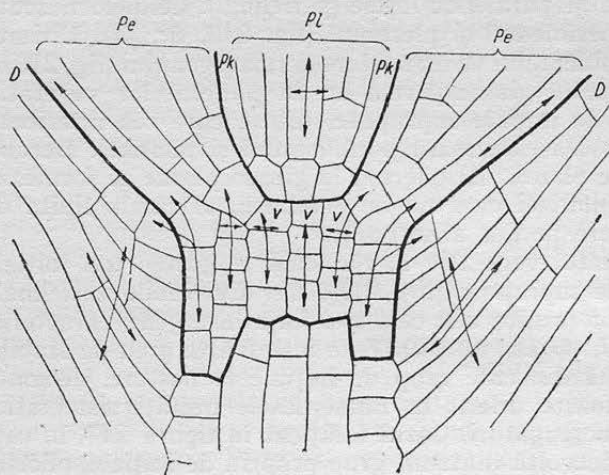


Fig. 218. Schema dezvoltării rădăcinii de *Helianthus annuus*:

Caliptra, dermatogenul (D) și periblemul (Pe) se dezvoltă din același complex de inițiale (V), în timp ce pleromul (PL) își are inițiale proprii. Pk — periclu (după Guttenberg, din Huber).

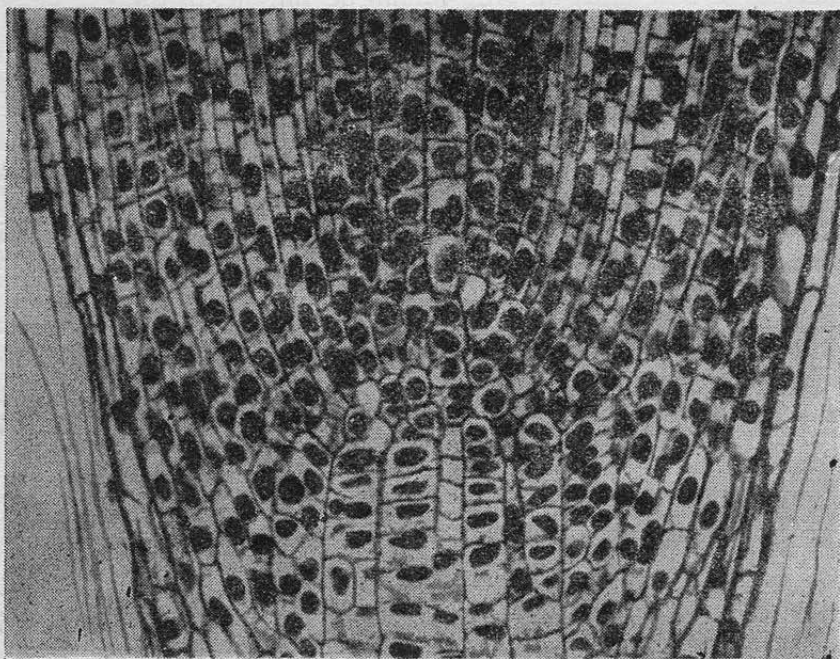


Fig. 219. Secțiune longitudinală prin vârful rădăcinii de *Allium sativum*. Dermatogenul, periblemul și pleromul au inițiale comune. Columela se prelungește cu piloriza (după Esau, din Huber).

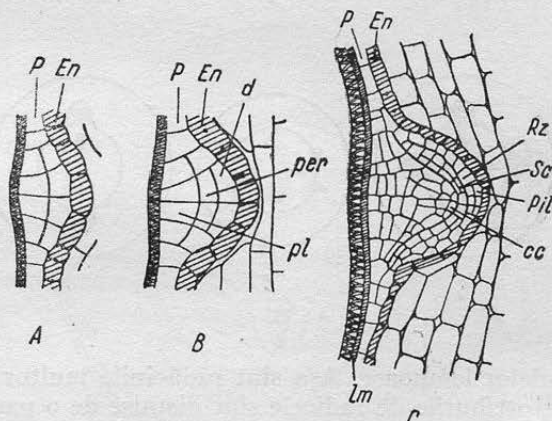
lor; au dus la concluzia că inițialele se divid rar și mult mai puțin decât celelalte celule ale vârfului vegetativ. Ele constituie o „zonă quiescentă” în jurul căreia se află celule meristemate care se divid foarte activ, formînd „zonele active” care dau celule pentru construirea țesuturilor rădăcinii.

Originea și dispoziția radiclelor

Radiclele iau naștere din periciclu, situat profund, sub endoderm, originea lor este deci *endogenă*. Celulele rizogene ale periciclului, situate de regulă în fața fasciculelor lemnoase, și-au păstrat sau și-au redobîndit proprietatea de a se divide. Ele cresc mai întîi în direcție radială și formează un arc. Celulele din partea centrală a arcului se divid apoi prin pereți tangențiali, formîndu-se în curînd două arcuri suprapuse (fig. 220, A). Celulele arcului extern situate în partea lui centrală cresc din nou radial, apoi se divid tangențial. Se ajunge astfel la trei arcuri suprapuse (fig. 220, B). Celulele centrale ale fiecărui arc devin inițialele cîte unui grup de țesuturi ale viitoare rădăcinii. Astfel, cele mai interne formează inițialele pleromului, cele mediane pe ale periblemului, iar cele mai superficiale pe ale rizodermei. S-a format în modul acesta meristemul rădăcinii, care va funcționa în modul cunoscut. După o serie de diviziuni, în dreptul fiecărui fascicul lemnos se formează cîte un mamelon (fig. 220, c) care apasă asupra

Fig. 220. Originea și dezvoltarea rădăcinii:

A — arc rizogen din două straturi de celule; B — din trei straturi; C — începutul rădăcinii, cu calota digestivă; *p* — periciclu; *En* — endoderm; *d* — dermatogen; *per* — periblem; *pl* — plerom; *Rz* — rizodermă; *Sc* — scoarță; *Pil* — piloriza; *cc* — cilindru central; *lm* — lemn (după Troll).



țesuturilor scoarței rădăcinii-mame. Sub influența excitației mamelonului, celulele endodermului se vor divide și ele, și vor forma o calotă unistrată care învelește începutul rădăcinii și, după o opinie mai veche, prin enzimele sale, deschide drum prin „topire” tinerei rădăcinii. De aici numele de *calotă digestivă*, dat acestui înveliș endodermic al rădăcinii. Mai nou, acest rol chimic al calotei este tot mai mult contestat, părerea că rădăcina își croiește

drum pe cale pur mecanică, traumatică¹, rupînd și distrugînd țesuturile din fața ei, prinde tot mai mult teren.

O dată radicele ieșită la exterior, calota ei se distruge și se exfoliază, iar vârful radicelei se organizează la fel cu acela al rădăcinii principale (v. fig. 194).

La fel se formează mugurii adventivi de pe rădăcinile plantelor drajonante, precum și rădăcinile adventive de pe tulpini sau frunze. Originea acestora este tot endogenă.

La ferigi și *Equisetaceae*, radicelele, avînd tot origine endogenă, se nasc din endoderm, iar calota lor o formează primul strat cortical de deasupra endodermului.

Sensul dezvoltării radicelelor pe rădăcina principală se face de la baza acesteia spre vîrf (*acropetal*²).

Dispoziția sau așezarea radicelelor pe rădăcină se face în șiruri regulate, suprapuse, numite *ortostihuri*³. După modul de așezare al ortostihurilor, rădăcinile sînt de două categorii: izostihe și diplostihe.

Rădăcinile *izostihe*⁴ sînt cele mai numeroase și se caracterizează printr-un număr de ortostihuri egal cu cel al fasciculelor lemnoase.

Toate rădăcinile cu trei sau mai multe fascicule lemnoase sînt izostihe. Cele triarhe au trei ortostihuri, cele tetrarhe — patru (fig. 221, A); cele pentarhe — cinci etc.

Rădăcinile *diplostihe*⁵, mult mai rare, se pot găsi numai printre cele diarhe și ele au un număr de patru ortostihuri, deci dublu față de numărul fasci-

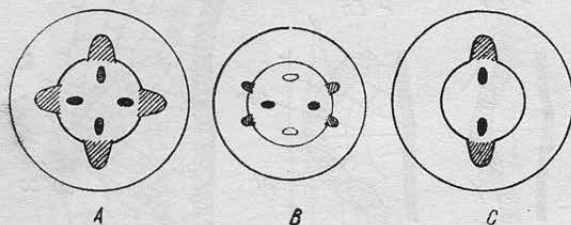


Fig. 221. Scheme arătînd dispoziția radicelelor:

A — rădăcină tetrarhă de fasole, cu patru ortostihuri; B — rădăcină diarhă diplostichă de crucifere; C — rădăcină diarhă izostichă de ferigi (după Troll).

culelor lemnoase. Așa sînt rădăcinile multor crucifere (fig. 221, B), la care ortostihurile de radice sînt dispuse de o parte și de alta a fiecărui fascicul lemnos. Nu toate rădăcinile diarhe sînt diplostihe; multe dintre ele pot fi izostihe (fig. 221, C).

¹ De la grec. *trauma* = rană.

² De la grec. *akron* = vîrf și latin. *petere* = a tinde.

³ De la grec. *orthos* = drept și *stichos* = șir.

⁴ De la grec. *isos* = egal și *stichos* = șir.

⁵ De la grec. *diploos* = dublu și *stichos* = șir.

Structura secundară a rădăcinii

Rădăcinile tuturor plantelor lemnoase și a multor dicotiledonate ierboase rămân o foarte scurtă perioadă din viața lor cu structura primară. Curînd după apariția plantulei, rădăcina acesteia începe să crească foarte accentuat în grosime. Îngroșarea rădăcinii este efectul apariției în interiorul ei a unor *meristeme secundare* și a unor țesuturi secundare născute din acestea, țesuturi care se suprapun peste cele primare și transformă structura rădăcinii din primară în secundară.

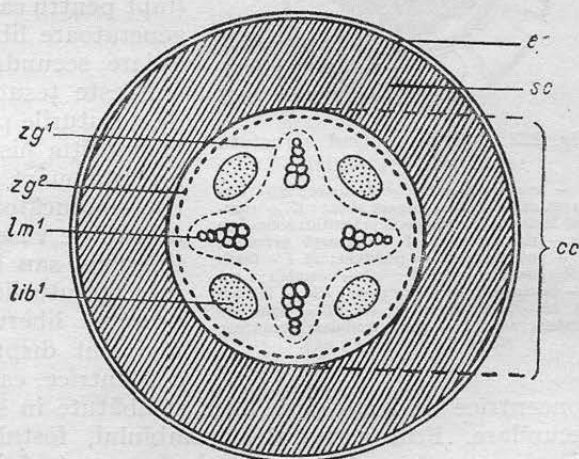
Structura secundară a rădăcinii se deosebește de cea primară prin originea țesuturilor, prin compoziția lor histologică și prin modul lor de așezare în interiorul organului.

Meristemele secundare ale rădăcinii se mai numesc și *zone generatoare*, și sînt în număr de două: cambiul și felogenul (fig. 222, zg^1 și zg^2).

Cambiul sau zona generatoare libero-lemnoasă ia naștere în cilindrul central, unde o serie de celule din parenchimul fundamental, situate în dreptul și la interiorul fasciculelor liberiene, își redobîndesc proprietatea de a se divide, redevenind meristeme. Prin diviziunile radiale succesive ale acestor celule iau naștere curînd atîtea *arcuri generatoare* concave, cîte fascicule liberiene are rădăcina (fig. 223, A). Arcurile se lungesc prin capetele lor pînă se ating și se unesc toate împreună, formînd o zonă meristematică închisă, avînd în secțiune o formă stelată, care închide în interiorul său fasciculele lemnoase și lasă în afara ei fasciculele liberiene (fig. 223, B).

Fig. 222. Schemă arătînd poziția zonelor generatoare în rădăcină:

zg^1 — cambiul; zg^2 — felogen; lm^1 — lemn primar; lib^1 — liber primar; ep — epidermă; sc — scoarță; cc — cilindru central.



Apoi, cambiul începe să funcționeze, celulele lui crescînd în sens radial și divizîndu-se în sens tangențial. Noile celule născute din cambiu se formează în cantități mai mari în dreptul laturilor concave ale acestuia decît pe fețele lui convexe, așa că în scurt timp, din sinusoid sau stelat cum

era, cambiul devine cilindric și secțiunea lui transversală apare perfect circulară (fig. 223, C). De acum, diviziunile celulelor cambiului se succed regulat, noile celule-fiice se dipun însă alternativ, un rând în afară și rândul

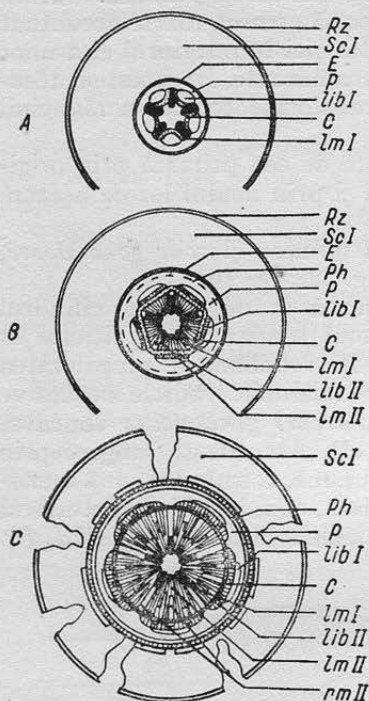


Fig. 223. Scheme arătând structura secundară a rădăcinii:

A — apariția arcurilor generatoare; B — formarea cambiului cu aspect stelat; C — cambiul inelar care a produs deja țesuturi secundare; Rz — rizoderma; Sc I — scoarță primară; E — endoderm; P — pericicl; Lib. I — fascicule liberiene primare; C — cambiul; Lm. I — fascicule lemnoase primare; Ph — felogen; Lib. II — liber secundar; Lm. II — lemn secundar; rm. II — raze medulare secundare (după Strasburger).

următor înăuntrul zonei generatoare. Aceste celule secundare sînt, la început, toate asemănătoare. Ele încep însă curînd să se diferențieze, așa fel încît toate celulele situate în afara cambiului devin elemente ale liberului secundar, iar cele situate de partea lui internă devin elemente de lemn secundar. Prin producerea de liber secundar și de lemn secundar, rădăcina își îngroașă zona ei centrală. Fostele fascicule liberiene primare sînt împinse tot mai spre exterior, iar peste fostele fascicule lemnoase, primare, împinse și ele spre centru, se dispun pături-pături de lemn secundar. Din loc în loc, și mai ales începînd din dreptul fostelor fascicule lemnoase primare, cambiul dă naștere unor celule parenchimatice, vii, alungite în sens radial, care constituie raze medulare secundare (fig. 223, rm II). Țesuturile secundare născute din cambiu sînt deci liberul secundar, lemnul secundar (fapt pentru care cambiul se numește și zonă generatoare libero-lemnoasă) și razele medulare secundare.

Aceste țesuturi secundare se deosebesc de țesuturile primare de același fel atît prin compoziția histologică cît și prin așezarea lor. Din punct de vedere histologic, țesuturile conducătoare secundare sînt alcătuite, alături de vase, din parenchim și din fibre liberiene sau lemnoase, elemente care lipsesc țesuturilor respective primare. Ca așezare, liberul și lemnul secundar nu mai sînt dispuse în fascicule, ci în cilindre concentrice, care pe secțiune apar ca inele

concentrice de lemn și de liber, străbătute în sens radial de raze medulare secundare. Prin activitatea cambiului, fostul cilindru central al rădăcinii dispăre, structura secundară a centrului rădăcinii luînd un aspect nou, care nu se deosebește de cel al tulpinii secundare.

Felogenul sau **zona generatoare subero-felodermică** (fig. 222 zg²; fig. 223, Ph) ia naștere totdeauna la exteriorul cambiului, de regulă în pericicl, dar poate apărea și în scoarță. Celulele felogenului sînt așezate de la început sub formă de cilindru, așa încît pe secțiune transversală felogenul apare

ca un inel. Aceste celule, ca și cele ale cambiului, cresc în sens radial și se divid în sens tangențial. La fel, noile celule apărute din felogen se dispun alternativ: un strat la exterior și stratul următor la interiorul zonei. După diferențierea lor însă toate celulele secundare dispuse la exteriorul felogenului se transformă în *suber secundar*, iar cele de la interior într-un parenchim secundar numit *feloderm*, de unde și numele de zonă generatoare subero-felodermică ce i se mai dă acestui meristem secundar. Ansamblul țesuturilor secundare născute din felogen poartă numele de *periderm* sau *scoarță secundară*.

Din cauza impermeabilității suberului scoarței secundare, toate straturile fostei scoarțe primare, rămase la exteriorul acesteia, se usucă și se exfoliază (fig. 223, C). Prin această cojire, la început rădăcina se subțiază. Grație funcționării felogenului însă, foarte curînd ea își reface diametrul inițial, pe care-l și depășește.

Cazuri particulare de îngroșare secundară a rădăcinilor

Rădăcinile tuberizate ale plantelor, adaptate fiind la depozitarea substanțelor de rezervă pe seama tulpinilor care vor apare în anul viitor, se îngroșă foarte mult și iau forma de conuri cu vârful în jos. Îngroșarea acestor rădăcini se datorește unei funcționări particulare a cambiului, care produce țesut secundar foarte mult pe una din laturile sale și foarte puțin pe latura lui opusă.

În rădăcina de morcov, cambiul produce o pătură extrem de groasă de țesut liberian spre exterior și foarte puțin lemn spre interior. În compoziția acestui liber secundar predomină parenchimul liberian care, singur, alcătuiește aproape întreaga masă a rădăcinii, fiind străbătut în sens radial de foarte puține fișii de vase liberiene secundare. Partea lemnoasă a rădăcinii de morcov este foarte redusă ca volum și formată predominant tot din parenchim lemnos secundar cu prea puține vase. La exterior, rădăcina este învelită și apărută de o pătură subțire de suber, produs de felogen format în periciclu.

Exact invers se comportă cambiul din rădăcina de ridichi. Aici, el produce mult țesut pe fața lui internă și o pătură neînsemnată ca grosime de liber secundar pe fața externă. Țesutul lemnos secundar constă dintr-o masă de parenchim lemnos, străbătut în sens radial de fișii lamelare de vase. Scoarța secundară de ridiche este, de asemenea, redusă ca grosime.

Parenchimul liberian secundar de la morcov și parenchimul lemnos secundar din rădăcina de ridiche constituie țesutul special de depozitare a materiilor de rezervă, și lui îi datoresc îngroșarea rădăcinile respective.

Într-un mod cu totul deosebit, de astă dată anormal, se îngroșă rădăcina de sfeclă. O rădăcină tină de sfeclă are o structură primară normală, fiind de tip diarh (fig. 224, A). Foarte curînd apar două arcuri generatoare, care se unesc, formînd un cambiu continuu de formă ovală, care produce

liber secundar și lemn secundar, îngroșând rădăcina în modul cunoscut (fig. 224, B). În timp ce cambiul normal funcționează la exteriorul liberului primar, în periciclu, apare o zonă generatoare periciclică, supranumerară, care produce atât spre exterior cât și spre interior parenchim secundar, anormal. În acest parenchim se diferențiază, în partea lui internă, fascicule lemnoase

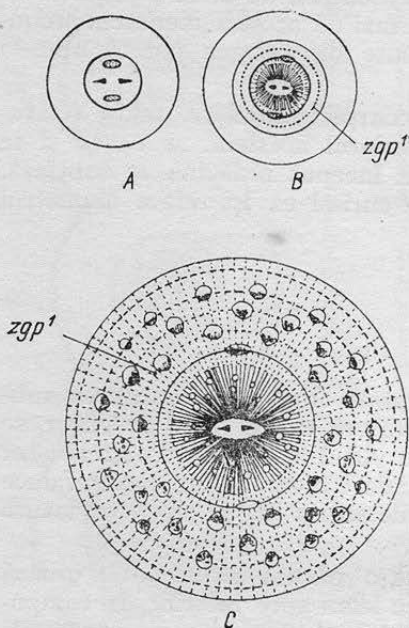


Fig. 224. Îngroșarea anormală a rădăcinii de sfeclă:

A — structura primară normală; B — fază mai înaintată, cu formațiuni secundare normale și apariția primei zone generatoare periciclice (zgp^1); C — fază și mai avansată cu patru zone periciclice (după Bonnier).

periciclice, iar în partea lui externă, fascicule liberiene periciclice. Cele două feluri de fascicule, așezate exact unul în fața celuilalt, despărțite prin cambiul periciclic se unesc în fascicule libero-lemnoase, dispuse în cerc, la exteriorul țesuturilor secundare normale produse de cambiu. Încă în timpul cât funcționează acest cambiu supranumerar periciclic, la exteriorul lui, tot în periciclu, se formează un al doilea cambiu supranumerar, apoi un al treilea, al patrulea etc. (fig. 224, C). Aceste cambii supranumerare funcționează în același mod, dând păături largi de parenchim secundar în care se depune zaharoza de rezervă și în care se diferențiază câte un inel de fascicule libero-lemnoase pentru fiecare cambiu. La soiurile cele mai bune de sfeclă-de-zahăr se formează de primăvara pînă toamna, între 8 și 12 astfel de cambii supranumerare de de origine periciclică îngroșând foarte mult rădăcina. Fenomenul apariției mai multor cambii într-un organ se numește *policambie*.

2. TULPINA

Organul aerian al cormului, constă dintr-o axă care prelungește în sus rădăcina și care poartă o serie de excrescențe laterale, asimilatoare. Acest organ se numește *lăstar*; axa lăstarului se numește *tulpină*, iar excrescențele lui laterale se numesc *frunze*. Cu toate că cele două organe constituie împreună o singură unitate, din motive didactice, ele se tratează separat.

Tulpina este de regulă ortotropă, are o formă cilindrică sau cilindroconică și o simetrie radială. Ea este adaptată să îndeplinească două funcțiuni specifice, și anume funcțiunea de *susținere* și de *conducere*.

a) Tulpina susține ramurile, frunzele, florile și fructele, organe cărora tot ea le dă naștere și le expune în condițiile de mediu cele mai favorabile în care acestea își pot îndeplini rolurile lor biologice.

b) Tulpina conduce neînterupt seva brută de la rădăcină spre frunze și seva elaborată de la frunze spre toate celulele consumatoare, constituind zona de legătură între principalele organe ale nutriției: rădăcina și frunza.

Pe lângă aceste funcțiuni însă, multe tulpini pot îndeplini alte funcțiuni *nespecifice*, ca, de exemplu, aceea de asimilație clorofiliană, cea de organ de depozitare, de înmulțire vegetativă, de protecție etc.

Deși tulpinile celor mai multe cormofite trăiesc în aer, există numeroase plante cu tulpini subterane sau acvatic, și aceste medii așa de diferite produc schimbări atât de adânci în morfologia și structura respectivelor tulpini încât ele trebuie analizate separat.

a. Morfologia tulpinilor aeriene

Tulpina aeriană continuă în sus rădăcina principală, bazele celor două organe confundându-se morfologic. Anatomic însă există o zonă de tranziție, în *colet*, în care se face trecerea de la structura rădăcinii la aceea a tulpinii.

Tulpina principală a plantelor se găsește gata formată în embrionul seminței, reprezentată fiind printr-un organ cilindric cuprins între baza rădăcinii și cotiledoane, care reprezintă primele frunze ale embrionului. Se dă numele de *tulpiniță* sau *axă hipocotilă* acestei tulpini embrionare (fig. 225, *hi*). După încolțirea seminței, din mugurașul embrionului ia naștere o nouă porțiune de tulpină numită *axa epicotilă* (fig. 225, *ep*), care ține de la cotiledoane până la primele frunze verzi și din care se va dezvolta tulpina principală a plantei. Există și cazuri în care cele două regiuni se disting chiar în embrion.

1. Noduri și internoduri. Muguri. Tulpina produce și poartă frunzele, care se dispun în lungul ei într-o anumită ordine determinată.

Locul mai umflat de pe tulpină în care se inseră frunzele poartă numele de *nod*, iar porțiunile cilindrice, mai subțiri, cuprinse între două noduri se numesc *internodii* (internoduri). În general, internodiile sînt cu atât mai scurte cu cît se găsesc mai aproape de vârful tulpinii. Ultimul internodiu, cel mai de sus, se sfîrșește cu un *mugur terminal* (fig. 226, *mt*).

Unghiul de la noduri, format de baza frunzei cu tulpina se numește *axila* sau *subsuoara frunzei*. Aici se găsesc situați *mugurii axilari* sau *laterali* ai tulpinii (fig. 226, *ma*), din care se vor dezvolta ramuri laterale, ramuri ce poartă și ele muguri axilari și mugur terminal.

Structura unui mugur terminal, așa cum se poate vedea într-o secțiune longitudinală, se prezintă în modul următor (fig. 227): axul mugurului este însuși conul vegetativ al tulpinii, avînd grupuri de celule inițiale nude, neînvelite de vreun țesut special de protecție, așa cum este vârful rădăcinii. Dedesubtul inițialelor se află meristemul primordial născut din diviziunile acestora. Lateral, începînd de la bază spre vîrf, pe conul vegetativ iau naștere niște proeminențe exogene care constituie *primordiile frunzelor* (fig. 227, *pf*), la subsuoara cărora se dezvoltă, tot exogen, *primordiile mugurilor axilari* (fig. 227, *p.m.a.*). Fața externă a primordiilor de frunze crește

cu mult mai repede decît cea internă; ca urmare, aceasta se încovoie peste vârful mugurului și-l apără, primordiile acoperindu-se unele pe altele. Întreg mugurul este apărut de niște solzi scorțoși și bruni, numiți *catafile*, care cad atunci cînd mugurul se deschide. Catafilele au o cuticulă groasă,

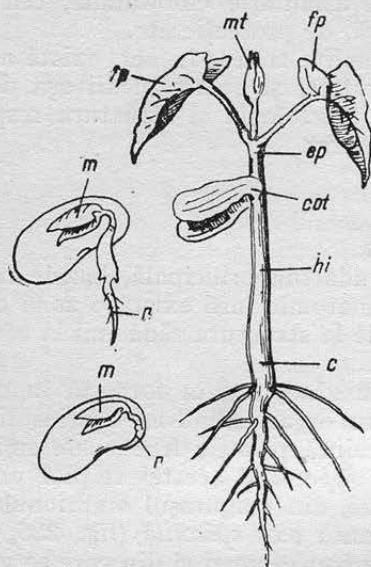


Fig. 225. Plantule de fasole în diferite stadii de dezvoltare:

r — radiculă; *m* — mugurasul; *c* — colet;
hi — axa hipocotilă; *ep* — axa epicotilă;
cot — cotiledoane; *fp* — frunze primare;
mt — mugur terminal (după Grințescu).

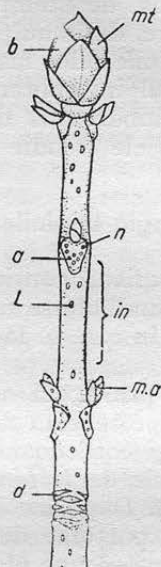


Fig. 226. Ramură de castan sălbatic:

mt — mugur terminal;
n — noduri; *in* — internodii;
m.a — muguri axilari;
a — cicatricele frunzelor căzute; *b* — catafile;
d — cicatricele catafilelor căzute; *L* — lenticile (după Mevius).

adesea sînt suberificate și au pe partea lor internă peri glanduloși cu rășini, întocmiri bine adaptate la apărare. La *Viburnum lantana* și alte cîteva plante, catafilele pot lipsi, mugurii respectivi fiind în aceste cazuri *nuzi* sau golași (fig. 228).

Aceeași structură o au și celelalte categorii de muguri.

Muguri foliari, floriali și micști. După cum ramurile care ies din muguri poartă numai frunze, numai flori sau și frunze și flori, mugurii respectivi se numesc *foliari*, *floriali* sau *micști*. La mulți pomi roditori, ca peri, pruni, cireși etc. mugurii floriali se pot recunoaște ușor, fiind mai globuloși decît cei foliari.

Așezarea mugurilor pe tulpină se face după aceleași reguli ca și așezarea frunzelor. Ei pot fi *alterni*, cîte unul la un nod, *opuși*, cîte doi la același nod, situați față în față, sau în *verticil*, cînd se află cîte trei sau mai mulți situați la același nod. Urmărind așezarea mugurilor în tot lungul tulpi-

nii sau a ramurilor, se pot distinge șiruri suprapuse de muguri numite ortostihuri, în număr variabil.

Muguri normali, dorminzi și adventivi. Mugur de înlocuire. Mugurii care se nasc la nodurile conului vegetativ se numesc **muguri normali**.

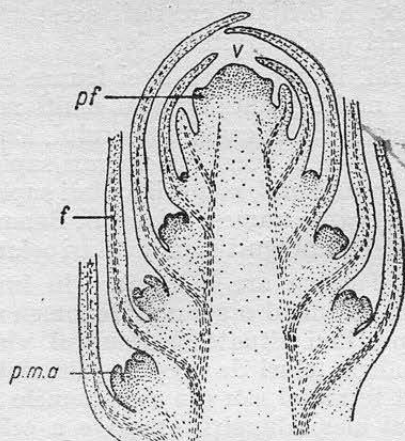


Fig. 227. Secțiune longitudinală printr-un mugur terminal:

V — vârful vegetativ al tulpinii; pf — primordii foliare; p.m.a. — primordii de muguri axilari; f — frunze tinere (după Strasburger).

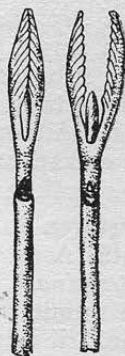


Fig. 228. Muguri nuzi de *Viburnum lantana* (după Mevius).

În zona noastră climaterică, ei se formează vara, rămân în stare de repaus sezonala iarna și se dezvoltă în primăvara anului următor, alungind axa (mugurii terminali) sau dând naștere la ramuri laterale noi (mugurii axilari). Nu toți mugurii axilari se dezvoltă neapărat în primăvara imediat următoare formării lor. Mulți dintre ei rămân în stare de viață latentă un număr de ani, uneori până la 100 de ani, timp în care ei pot fi complet acoperiți de țesuturile secundare ale tulpinii. Astfel de muguri, normali ca origine, se numesc *muguri dorminzi* sau *muguri proventivi*. Ei reprezintă o rezervă potențială a plantei și dezvoltarea lor poate fi provocată de cauze externe, ca înghețul mugurilor obișnuite, distrugerea frunzelor de către insecte, ruperea și îndepărtarea porțiunii de tulpină de deasupra lor etc. Ramurile născute din muguri dorminzi se numesc *ramuri proventive*. Așa sînt ramurile „lacome” și ramurile tîrzii de pe trunchiul multor copaci, ca: stejarul, teiul, mărul etc.

Mugurii adventivi nu se nasc în conul vegetativ al tulpinii, nici la subsuoara frunzelor, ci în locuri nedeterminate pe internodii, pe ramuri, pe rădăcini sau pe frunze. Originea lor este *endogenă*, spre deosebire de a mugurilor normali. Pe tulpină, ramuri și frunze, mugurii adventivi se nasc din cambiu sau periciclu, pe rădăcină ei se nasc din periciclu. Din mugurii adventivi se dezvoltă *ramuri adventive*.

Mugur de înlocuire se numește mugurul axilar cel mai apropiat de vîrf și care, în cazul cînd mugurul terminal este distrus sau nu se dez-

voltă, ia locul acestuia. Cîtă vreme există, mugurul terminal exercită o acțiune inhibitoare asupra dezvoltării mugurilor axilari. Îndepărtîndu-l, aceștia din urmă se dezvoltă, în schimb alungirea axei principale se oprește. Pe acest fenomen se bazează *metoda tăierilor*, practică în pomicultură, cu scopul schimbării coroanei arborilor, a dirijării creșterii acestora și a formării ramurilor de rod, mărind astfel productivitatea lor.

Muguri suplimentari. Dacă, în general, la subsuoara unei frunze se formează un singur mugur axilar, există multe plante cu mai mulți muguri axilari la subsuoara unei frunze. Uneori, ca în cazul smeurului, lonicerei etc. ei sînt situați unul sub altul, numindu-se în acest caz muguri suplimentari *seriali*. Alteori, mai ales la *Monocotyledonata*, mugurii axilari suplimentari sînt așezați unul lîngă altul, și-n acest caz se numesc *colaterali*. Bananierul în inflorescență sau usturoiul în bulb, posedă muguri suplimentari colaterali.

2. Creșterea în lungime a tulpinii. Tulpina are o creștere în lungime nelimitată. Această creștere are loc atît în vîrfurile organului, fenomen numit *creștere terminală*, cît și pe anumite porțiuni situate dedesubtul vîrfului, fenomen numit *creștere intercalară*. Ambele feluri de creștere sînt datorate atît înmulțirii celulelor din meristemul terminal sau din meristemele intercalare (creștere embrionară) cît și, mai ales, alungirii excesive a celulelor ajunse în zonele de creștere prin întindere.

Spre deosebire de rădăcină, a cărei zonă de creștere se află situată dedesubtul pilorizei (poziție subterminală) și este foarte scurtă, la tulpină zona de creștere terminală este situată chiar în vîrf și are o lungime de zeci de ori mai mare, tulpina neavînd de stăbătut un mediu solid, ca rădăcina.

Numai creșterea terminală a tulpinii are loc în tot cursul vieții plantei, deoarece numai în vîrfurile ei țesuturile alcătuitoare rămîn în permanență cu caracter meristematic. Creșterea intercalară se oprește mai curînd sau mai tîrziu, prin transformarea meristemelor intercalare în țesuturi definitive. Zonele de creștere intercalară se află de regulă în internodii. Sînt mai rare cazurile de plante la care și nodurile se alungesc prin creștere intercalară, ca, de exemplu, volbura.

În zonele temperate și reci, creșterea în lungime a tulpinilor se oprește toamna și reîncepe în primăvara următoare.

Creșterea în grosime a tulpinii se datorește formării de țesuturi secundare care se suprapun peste cele primare. Acest proces va fi analizat detaliat cu ocazia studiului structurii secundare a tulpinii.

3. Ramificația tulpinii. Sînt puține plantele ale căror tulpini rămîn neramificate, constituite dintr-un ax unic. Așa sînt palmierii, multe graminee și alte monocotiledonate. La cele mai multe plante, tulpina principală se ramifică în chip diferit, în funcție de ereditate, de modul de așezare al frunzelor pe tulpină, de prezența sau absența mugurilor dorminzi, a mugurilor adventivi, precum și de condițiile de mediu în care trăiesc respectivele plante.

Ramificația tulpinilor se face după trei tipuri principale: dicotomic, monopodial și simpodial, dintre care primul tip, ramificația dicotomică, este *terminală*, iar ultimele două tipuri sînt *laterale*.

a) *Ramificația dicotomică* constă într-o bifurcare a vârfului vegetativ în două ramuri de ordinul întâi, al căror vîrf se va bifurca dînd fiecare cîte două ramuri de ordinul II ș.a.m.d. Dicotomia este un mod primitiv de ramificație, care se întîlnește la talul multor alge și ciuperci actuale, pe care-l prezentau tulpinile celor mai multe criptogame vasculare arborescente din era paleozoică. Azi se întîlnește rar la cormofite, fiind prezent doar la *Lycopodium* și *Selaginella*. Primitivitatea lui constă în faptul că fiecare ramură are doar un singur punct de creștere situat în vîrf, pe cînd în cazul ramificațiilor laterale, fiecare ramură are atîtea puncte de creștere cîți muguri axilari posedă, plus punctul de creștere din vîrf.

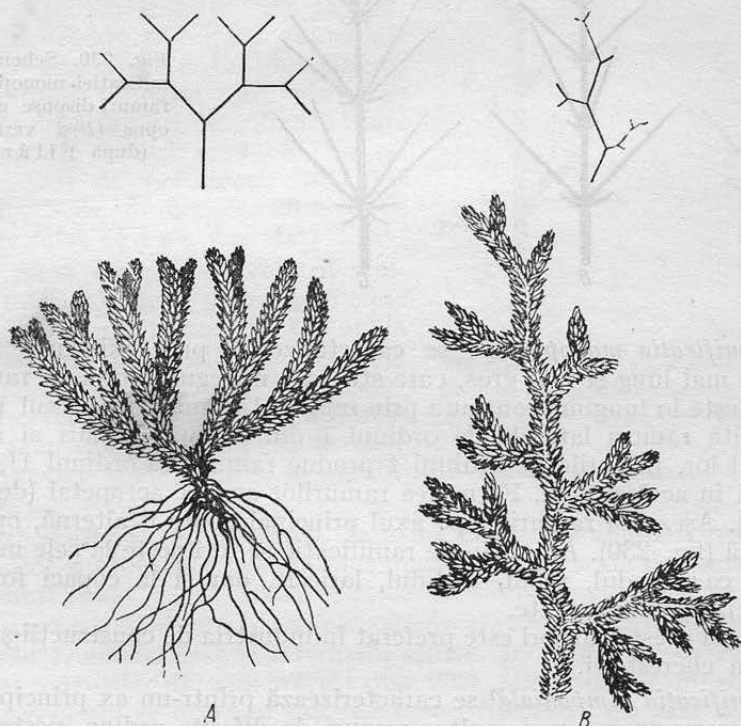


Fig. 229. Dicotomia izotomă (A) la *Lycopodium selago* și dicotomia anizotomă sau simpodială (B) la *Lycopodium cernuum* (după Troll și Strasburger).

După cum cele două ramuri născute din bifurcarea vârfului vegetativ sînt egale sau nu, dicotomia prezintă două variante, *dicotomia izotomă*¹ (fig. 229, A) și *dicotomia anizotomă*² (fig. 229, B) sau *dicotomia simpodială*.

¹ De la grec. *isos* = egal și *temnein* = a tăia.

² De la grec. *anisos* = inegal și *temnein* = a tăia

Celelalte două moduri de ramificație ale tulpinii se numesc *laterale* și se deosebesc în esență de dicotomie, prin aceea că ramurile se nasc din mugurii laterali ai axei, a cărei creștere terminală nu este influențată prin aceasta. Ramificația laterală cuprinde două tipuri: tipul monopodial și tipul simpodial.

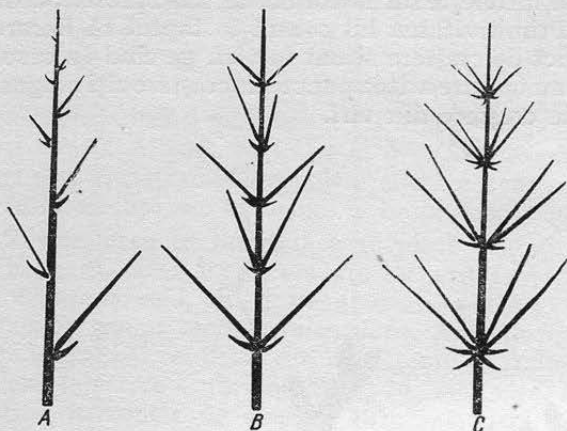


Fig. 230. Scheme ale ramificației monopodiale, cu ramuri dispuse altern (A), opus (B) și verticilat (C) (după Filárszky).

b) *Ramificația monopodială* se caracterizează prin existența unui ax principal mai lung și mai gros, care străbate întregul sistem de ramificație și care crește în lungime continuu prin mugurul terminal. Pe axul principal se dezvoltă ramuri laterale de ordinul I din mugurii axilari ai acestuia. La rândul lor, ramurile de ordinul I produc ramuri de ordinul II, care se comportă în același mod. Formarea ramurilor are loc acropetal (de la bază spre vîrf). Așezarea ramurilor pe axul principal poate fi alternă, opusă sau verticilată (fig. 230). Acest tip de ramificație se întâlnește la cele mai multe conifere, ca: bradul, pinul, molidul, laricele, dar și la copaci foioși, ca: fagul, stejarul, frasinul etc.

Trunchiul acestor arbori este preferat în industria de construcții și pentru fabricarea cherestelei.

c) *Ramificația simpodială*¹ se caracterizează printr-un ax principal rezultat din suprapunerea mai multor ramuri de diferite ordine, peste tulpina principală, a cărei creștere în lungime se oprește prin dispariția mugurului terminal (fig. 231). Cei mai mulți arbori și arbuști din pădurile noastre, ca: mesteacănul, carpenul, arțarul, teiul și arborii fructiferi, ca: mărul, părul, prunul, cireșul etc. au o ramificație simpodială. Tot simpodial se ramifică tulpinile de bumbac, cartofi, roșii etc. La bumbac, aceeași plantă poartă ramuri monopodiale care cresc lungi, dar nu fac flori, și ramuri simpodiale scurte, care produc flori și fructe. Înlăturînd pe primele (operație numită „cîrnit”) se asigură o hrană mai abundentă pentru ramurile florale.

¹ De la grec. *sym* = împreună și *pus, podos* = picior.

Efectul este și mai mare dacă, după formarea unui număr suficient de ramuri florifere pe tulpină, se taie vârful acesteia (operație numită „ciupit”).

Ramificația simpodială poate prezenta trei variante: *monocaziul*¹, *dicaziul*² și *pleiocaziul*³. În primul caz, simpodiul este un ax unic format din suprapunerea cîte unei ramuri de ordine diferite (fig. 231, B). Dicaziul se mai numește și *dicotomie falsă* și se întâlnește la plantele cu muguri opuși, ca, de exemplu, la liliac, la *Silene* și alte cariofilacee etc. (fig. 232). La acestea, mugurul terminal dispăre sau se dezvoltă într-o floare și tulpina principală se oprește din creștere. Cei doi muguri axilari, situați imediat sub vîrf, dau naștere la două ramuri de ordinul II care se comportă în același mod etc. La aspect, sistemul de ramificație seamănă cu o dicotomie, de unde și numele de dicotomie falsă ce i s-a mai dat.

Dacă, după oprirea dezvoltării mugurului terminal, de la primul nod cresc trei sau mai multe ramuri din tot atîția muguri axilari, ramificația se numește *pleiocaziu*; un exemplu este laptele-cucului, *Euphorbia cyparissias*. Inflorescențele plantelor prezintă numeroase exemple pentru toate tipurile de ramificații. Ele vor fi studiate la capitoulul respectiv.

Ramuri scurte și ramuri lungi. În urma creșterilor anuale inegale, ramurile arborilor și arbuștilor pot îmbrăca două aspecte: acela de ramuri scurte și de ramuri lungi.

Ramurile scurte, numite și *microblaste* sau *brachiblaste*⁴, au creștere anuală foarte redusă, noduri dese și internodii scurte. În lungul lor se văd urmele catafilelor mugurilor din anii trecuți (fig. 233). Microblastele nu se ramifică și după cîteva ani se usucă și cad. La pomii fructiferi, ele sînt acelea care produc de regulă flori și fructe și se numesc „ramuri de rod”. La pin, zadă și alte conifere, numai microblastele poartă frunze. Tulpinile subterane sînt considerate tot microblaste.

Ramurile lungi, numite și *macroblaste* sau *dolicoblaste*⁵, sînt ramurile normale, cu creșteri în lungime anuale apreciabile, cu internodii lungi și

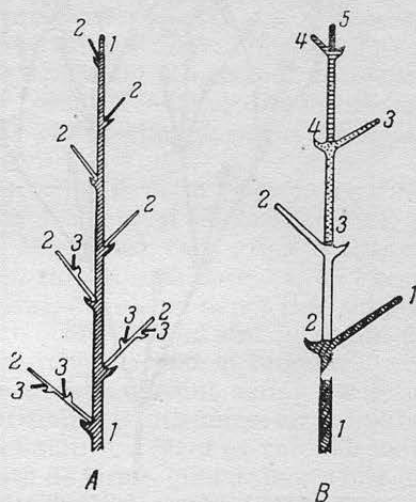


Fig. 231. Scheme ale ramificației monopodiale (A) și simpodiale (B) a tulpinii (după N u l t s c h, 1969).

¹ De la grec. *monos* = unul singur și *chainein* = a se împărți.

² De la grec. *dis* = doi și *chainein* = a se împărți.

³ De la grec. *pleion* = mulți și *chainein* = a se împărți.

⁴ De la grec. *brachys* = scurt.

⁵ De la grec. *dolichos* = lung.

noduri rare. Experimental s-au putut transforma ramurile scurte în ramuri lungi, prin acțiunea temperaturii și a umidității. Transformări inverse se produc în mod curent în practica pomicolă prin operația tăierilor de rodire.

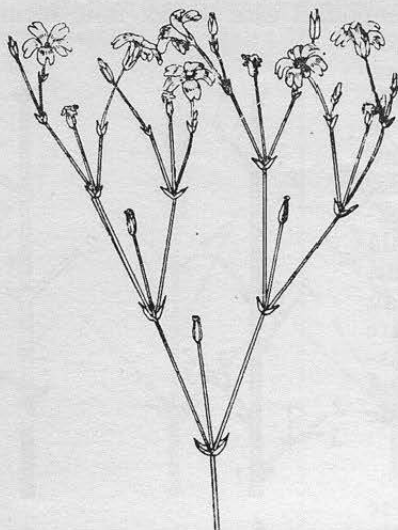


Fig. 232. Dicotomie falsă (dicaziu) la tulpina de *Silene* (după Troll).

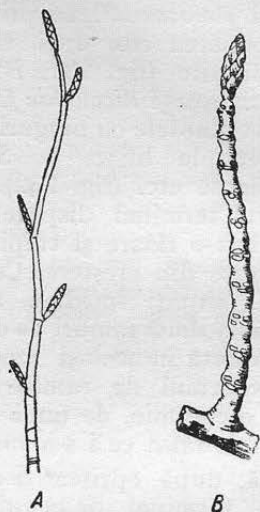


Fig. 233. Ramuri lungi-macroblaste (A) și ramuri scurte-microblaste (B) de fag (după Grințescu).

Ramificații anormale. Tufele de ramuri subțiri și numeroase care pot fi observate uneori pe arbori și care se numesc popular „mături” reprezintă ramificații anormale provocate de insecte sau ciuperci parazite, care au declanșat dezvoltarea simultană a mai multor muguri dorminzi, muguri care, în mod normal, s-ar fi dezvoltat pe rând.

Aspectul exterior sau habitusul arborilor. Cei mai mulți arbori au o înfățișare caracteristică, după care pot fi recunoscuți, chiar de la distanță. Așa sînt: plopul piramidal, salcia plîngătoare, stejarul, coniferele etc. Acest aspect exterior, „portul arborilor” sau habitusul lor, depinde de tipul de ramificație al coroanei, de bogăția ramurilor, de unghiul pe care-l fac ramurile de ordinul I cu tulpina principală — unghi ascuțit la plop, drept la brad, obtuz la molid —, de mediul în care trăiește copacul, dar mai ales de fenomenele de corelație dintre muguri: anumiți muguri exercită o acțiune inhibitoare, mai mult sau mai puțin accentuată, asupra altora. Sensul, intensitatea și ritmul fenomenelor de corelație dintre muguri, variabile de la specie la specie, au un rol decisiv în determinarea portului acestora, alături de ceilalți factori amintiți. Un arbore izolat are un alt port decît altul de același fel, care trăiește în mijlocul pădurii: primul are coroana bogată, ramuri lungi și întinse lateral, ramuri care coboară pînă jos pe trunchi; cel de-al doilea are ramuri mai puține și mai scurte, grupate mai

ales spre vârful tulpinii. În acest caz, lumina este factorul de mediu cu rol decisiv în modelarea coroanei. Vântul, de asemenea, influențează puternic portul arborilor izolați, mai puțin pe al aceora din păduri.

Pentru arbori este importantă *longevitatea* și *dimensiunile* tulpinilor lor. Cea mai lungă viață o au coniferul american *Taxodium mexicanum* și boababul african (*Adansonia digitata*), apreciată la 5 000 ani. Urmează: coniferul *Sequoia gigantea*, care poate atinge 4 000 ani; *Cedrus libani* și *Taxus baccata*, pînă la 3 000 ani; măslinul (*Olea europaea*) și castanul (*Castanea sativa*) pînă la 2 000 ani; stejarul (*Quercus robur*) și molidul (*Picea excelsa*) ating 1 200—1 500 ani; teiul și fagul (*Tilia platyphyllos* și *Fagus silvatica*) ating 900—1 000 ani.

În privința dimensiunilor tulpinilor, recordul îl dețin *Sequoia gigantea* din California, care atinge pînă la 142 m înălțime și 36 m diametru, și speciile australiene de *Eucalyptus* (fam. *Myrtaceae*) care ating înălțimea de pînă la 155 m. Unele liane tropicale, cu tulpini urcătoare, ca, de exemplu, *Calamus rotang* pot atinge 300 m lungime, dar ele nu se pot ține drepte, ci se încolăcesc în jurul altor arbori. Toate aceste tulpini sînt întrecute de talul algei brune *Macrocystis*, care poate ajunge la 400 m lungime.

4. Clasificarea morfologică a tulpinilor aeriene. Mediul aerian cu complexul său de factori care variază după latitudine și altitudine, iar în unul și același loc după anotimpuri și condiții geoclimatice, a făcut ca tulpinile aeriene ale plantelor să îmbrace o gamă nesfîrșită de forme, greu de inclus într-un sistem de clasificare unitar. De aceea, la clasificarea tulpinilor aeriene se poate ține seama de foarte multe criterii, luate izolat sau în grup. Astfel:

— După forma exterioară, tulpinile pot fi *cilindrice* (de exemplu, paiul), *comprimate* (de exemplu, *Opuntia*), *prismatice* cu secțiunea *triunghiulară* (*Cyperaceae*), *patruunghiulară* (*Labiatae*), *pentagonală* (dovleac) etc. La *Umbelliferae*, tulpinile poartă dungi mari longitudinale și se numesc *sulcate* sau *brăzdate*, la *Equisetum* dungile sînt fine și tulpinile se numesc *striate* etc.

— După organizare, adică după cum se observă bine sau nu împărțirea tulpinilor în noduri și internodii, acestea se clasifică în *articulate* și *nearticulate*. La primele, internodiile sînt lungi și frunzele îndepărtate. Dacă sînt goale înăuntru cu nodurile umflate și neramificate, tulpinile articulate poartă numele de *pai* sau *culm* ca la graminee; tulpinile fără noduri umflate, pline cu o măduvă spongioasă, cu frunzele la bază, poartă numele de *calamus*, ca, de exemplu, tulpina de pipirig, rogoz etc.

Caulis se numesc tulpinile ierboase, mici și verzi, pline sau goale, ale plantelor anuale și bienale. Acest tip de tulpină este caracteristic pentru plantele din familiile *Ranunculaceae*, *Labiatae*, *Cruciferae*, *Umbelliferae* etc.

Scapul este o tulpină avînd un singur internodiu, terminată cu o floare sau o inflorescență. Așa este tulpina de ghiocel, ciuboțica-cucului, păpădie etc.

Tulpinile nearticulate pot fi scurte, cărnoase, neramificate, care trăiesc mai mulți ani și ale căror noduri sînt așa de dese încît toate frunzele fac impresia că se prind de tulpină la același nivel, ca la *Agave* sau *Sempervivum*, sau pot fi înalte, columnare, purtînd numai în vîrf un buchet de frunze. Așa sînt tulpinile de palmieri, ferigi arborescente, *Cycas* etc. și se numesc *stip*.

— După orientarea în spațiu, tulpinile se împart în *ortotrope* și *plagiotrope*. Cele *ortotrope* pot fi, la rândul lor, *drepte* și *urcătoare*.

Tulpinile *drepte* sînt: *erecte*, dacă au poziție verticală de la bază pînă la vîrf, așa cum este cazul majorității tulpinilor, *nutante*, dacă au vîrfurile aplecate în jos, ca la *Silene nutans* sau *Melica nutans*, *Salvia nutans* etc. și *geniculate*, dacă la bază cresc oblic sau orizontal, și, începînd de la un nod, ele se îndreaptă. Așa este tulpina de *Alopecurus geniculatus* (graminee). După cum reiese din exemplele citate, aceste caractere ale tulpinilor sînt utilizate în denumirea speciilor de plante.

Tulpinile *urcătoare* nu au un stereom suficient de dezvoltat spre a se putea menține în poziție verticală. Ele se împart în *agățătoare* și *volubile*. Primele se agață de alte plante *ortotrope* cu *peri agățători* (ca, de exemplu, *Galium aparine*), cu *cîrcei* (ca, de exemplu, mazărea, curpenul, vița-de-vie etc.) sau cu *rădăcini adventive*, ca *Hedera helix*.

Tulpinile *volubile* se învîrtesc în jurul altor plante, ca, de exemplu, hameiul sau volbura (fig. 234). Unele plante volubile, ca iedera și alte liane, se și agață de suport, cu *rădăcini adventive* sau cu *cîrcei*.

Fig. 234. Tulpini volubile de hamei (A) și de volbură (B) (după Grințescu)

Tulpinile *plagiotrope* cresc orizontal sau oblic, neavînd nici stereom suficient, nici organe pentru agățat. Unele stau culcate la pămînt cu ramuri cu tot și se numesc *prostrate*, ca cimbrisorul-de-cîmp, *Veronica prostrata*, sălciile pitice din regiunile alpine etc., altele sînt *tîritoare*, ca gălbioara *Lysimachia nummularia* (fig. 235), avînd tulpina prinsă de pămînt cu rădă-

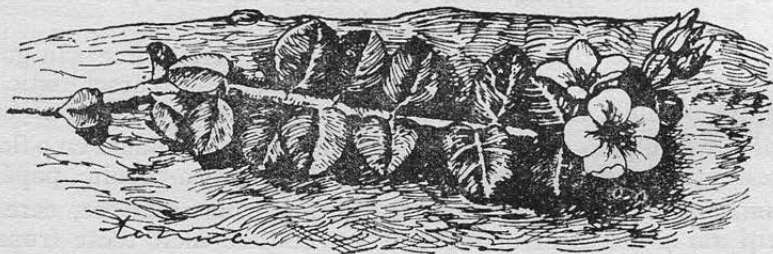


Fig. 235. Tulpină tîritoare de gălbiori (*Lysimachia nummularia*) (după Schmeil)

cini adventive și alungindu-se în fiecare an printr-un mugur terminal. Pe măsură ce se formează noi porțiuni de tulpină, cele vechi pier.

Alte plante, ca fraga (fig. 236), vioreaua etc. au tulpini erecte, de pe care pleacă ramuri tîrîtoare numite *stoloni*, care pot prinde rădăcini adventive la noduri și se pot despărți de planta-mamă prin putrezirea stolonului, înmulțind specia pe cale vegetativă.

— După durata vieții tulpinii și numărul înfloririlor, angiospermele se împart în două mari categorii, și anume în plante *monocarpice*¹ (sau *hapaxante*) și *policarpice*² (sau *polacante*). Primele, plantele monocarpice, înfloresc o singură dată în viața lor după care mor. După durata vieții lor, acestea pot fi *anuale*, *bienale* sau *bianuale* și *plurienale*.

Plantele *anuale* încolțesc, cresc, înfloresc și produc fructe într-un an sau în mai puțin de un an. Unele pot parcurge întreg acest ciclu într-un timp foarte scurt, de numai câteva săptămîni. Ele se numesc plante *efemere*. Așa sînt: *Draba verna*, *Stellaria media*, *Anagallis* etc. Altele încolțesc primăvara, se dezvoltă, înfloresc și rodesc vara și mor toamna. Așa sînt: ovăzul, tutunul, porumbul etc. și ele se numesc plante *anuale de vară*. Alte plante încolțesc toamna, iernează sub zăpadă, înfloresc primăvara și rodesc vara, după care pier. Așa este grîul de toamnă și altele, numite plante *anuale de iarnă*.

Plantele *bienale* încolțesc, își dezvoltă rădăcina și o rozetă de frunze în anul întâi, iar tulpina floriferă se naște și fructifică numai în anul al doilea. Așa sînt: morcovul, sfecla, varza, ceapa etc.

Plantele *plurienale* (plurianuale) pot trăi mai mulți ani, avînd însă numai organe vegetative. Ele înfloresc o singură dată în viață, după care mor. Așa este *Agave americana* care poate trăi de la 10—100 ani, unii palmieri ca, de exemplu, *Corypha* și alții, care pot trăi pînă la 400 ani.

Plantele *policarpice* trăiesc mai mulți ani și pot produce flori și fructe de mai multe ori în viață. După consistența tulpinilor lor, plantele policarpice se pot grupa în trei categorii: *ierboase perene*, *cărnoase* și *lemnoase*.

Plantele *ierboase perene*³ sau *vivace*⁴ aparțin celor mai variate familii de monocotiledonate și dicotiledonate. Ele pot trăi mai mulți ani prin organele lor subterane; tulpinile lor aeriene însă mor în fiecare an.

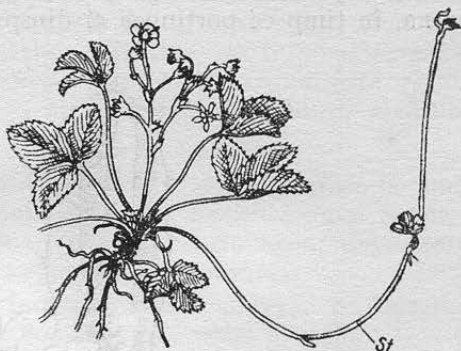


Fig. 236. Plantă de fragă (*Fragaria vesca*) cu stoloni (St) după Ullrich).

¹ De la grec. *monos* = unul singur și *karpos* = fruct.

² De la grec. *polys* = mult și *karpos* = fruct.

³ De la latin. *perennis*, *e* = durabil, neschimbat, veșnic.

⁴ De la latin. *vivax*, *-cis* = care trăiește mult.

Plantele *cărnose* au tulpini metamorfozate, groase și asimilatoare, fără frunze sau cu frunze transformate în spini, cu țesuturi acvifere și cu întocmiri speciale rezistente la secetă. Așa sînt cactaceele, crasulaceele de la noi (*Sedum*, *Sempervivum* etc.), unele euforbiacee etc.

Plantele *lemnoase* pot îmbrăca aspect de *semiarbuști*, *arbuști* și *arbori*. Semiarbuștii au baza tulpinii lemnoasă, apărută de suber și care nu îngheață iarna, în timp ce porțiunea ei dinspre vîrf, ierboasă și moale, pierе în fie-



Fig. 237. Fenomen de convergență la tulpinile plantelor succulente. Deși aparțin la familii diferite, aceste plante, trăind în același mediu, prezintă forme asemănătoare:

A — *Cereus* (Cactaceae); B — *Euphorbia resinifera*; C — *Caralluma* (Asclepiadaceae); D — *Senecio slapeliformis* (Compositae) (după Stocker).

care an. Așa sînt: pelinul, afinul, unele specii de *Salvia* etc. Arbuștii sînt complet lemnoși, dar n-au trunchi, tulpina lor ramificîndu-se chiar de la bază. Înălțimea acestora este, de regulă, redusă, de 5—6 m, rar mai mare. Sînt arbuști: sîngerul, porumbarul, socul, liliacul, lemnul ciînesc etc. În anumite condiții favorabile, arbuștii pot crește mai înalți și lua aspect de arbori. Așa se întîmplă cu socul, alunul, cornul etc. În zona alpină, arbuștii rămîn deosebit de scunzi și poartă numele de arbuști *pitici*. Așa sînt: salcia pitică, mesteacănul pitic etc. Arborii, în fine, au tulpina lemnoasă, înaltă și groasă, diferențiată în *trunchi* — porțiunea neramificată cuprinzînd primii cîțiva metri de la bază — și un sistem de ramuri, alcătuiind *coroana*.

Tulpini aeriene metamorfozate. Dintre funcțiunile nespecifice la îndeplinirea cărora se pot adapta tulpinile aeriene, modificîndu-și forma și structura, mai frecvente sînt următoarele patru: asimilația, depozitarea de substanțe de rezervă, înmulțirea vegetativă și apărarea.

1. *Tulpinile aeriene asimilatoare* îndeplinesc fotosinteza, o funcțiune specifică a frunzei, și au totdeauna culoarea verde. Aici aparțin:

a) Tulpinile plantelor suculente: *Cactaceae*, *Euphorbiaceae* și *Asclepiadaceae*, caracteristice deșerturilor, care deși aparțin unor familii foarte diferite, prezintă același port (fig. 237). Tulpinile lor sînt groase și cărnoase, cu frunze reduse la solzi mici sau transformate în spini, cu cuticulă groasă pe epidermă, cu stomate puține, mici și adîncite, cu suc celular concentrat, bogat în mucilagii și acizi organici, capabili să absoarbă și să rețină apa, pe care o depozitează în parenchimuri acvifere foarte dezvoltate atît în măduvă cît și în scoarță (fig. 238). Tulpinile suculente deci sînt servesc atît la asimilație cît și la înmagazinarea apei.

b) Tulpinile *virgate*¹ au aspectul unor nuiele verzi, fără frunze (ca la pipirig) sau cu frunze reduse (ca la coada-calului), cilindrice sau striate, pline sau goale, care asimilează.

c) *Cladodiile*² sînt tulpini lățite, formate din mai multe internodii verzi și cu aspect de frunze, care îndeplinesc funcția de fotosinteză. Așa este tulpina de *Genista sagittalis* (leguminoasă) (fig. 239).

d) *Filocladii*³ sînt ramuri lățite, cu creșterea în lungime limitată, cu aspect și funcțiuni de frunze. Ele însă poartă flori și pornesc de la baza unor solzi, care reprezintă frunze adevărate, reduse. Exemplu de filocladii prezintă *Ruscus aculeatus* (fig. 240) sau *Phyllanthus speciosus* (fig. 241) din fam. *Euphorbiaceae*.

¹ De la latin. *virga*, -ae = nuia.

² De la grec. *klados* = ramură și *eidos* = formă.

³ De la grec. *phyllon* = frunză și *klados* = ramură.

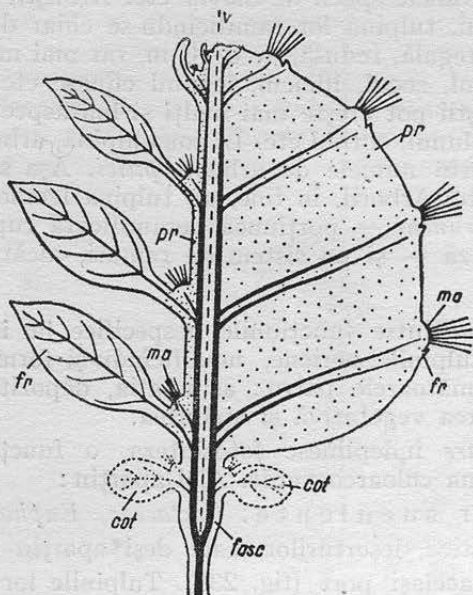


Fig. 238. Formarea tulpinii succulente la *Cactaceae*:

În partea stângă a figurii este reprezentată o cactacee cu frunze și tulpină normală (*Peireskia*), iar în cea dreaptă una cu tulpină succulentă: *pr* — scoarța primară la succulente s-a transformat într-un țesut acvifer (punctat); *fasc* — fascicule conductoare; *fr* — frunze; *ma* — muguri axilari cu frunze transformate în țepi; *v* — punct vegetativ; *cot* — cotiledon (după Stocker).



Fig. 239. *Genista sagittalis*, tulpină transformată în organ asimilator (*cladodiu*) (după Grințescu).



Fig. 240. Ramuri transformate în organe asimilatoare (*filocladii*) la *Ruscus aculeatus* (după Strasburger).

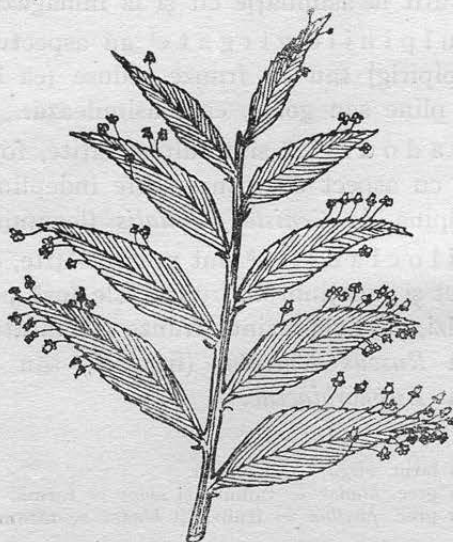


Fig. 241. Filocladii cu flori de *Phyllanthus spectosus* (după Stocker).

e) Filodiile¹, în fine, sînt pețioluri de frunze lățite și asimilatoare, așa cum se întîlnesc la unele specii de *Acacia* (fig. 242).

2. *Tulpinile aeriene de depozitare* își dezvoltă foarte mult parenchimurile și, ca urmare, se umflă, se *tuberizează*. La gulie, tuberizarea se întinde asupra mai multor internodii; la unele orhidee se tuberizează un singur internod, iar la palmierul *Metroxylon* (sagotier) întregul trunchi.



Fig. 242. Plantulă de *Acacia pycnantha*:
1 - 6 - frunze penate tipice; 7 - 9 - frunze cu pețiol transformat în filodii (după Strasburger).

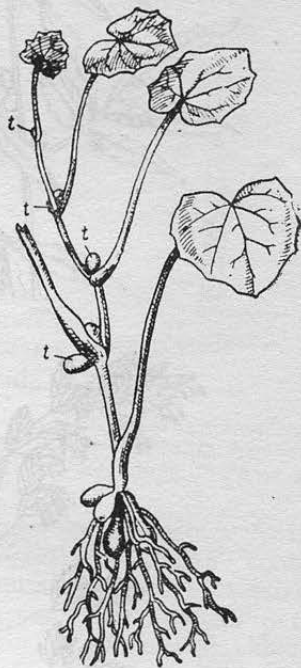


Fig. 243. *Ficaria verna* (grîușorul) cu tuberule (t) la subsuoara frunzelor (după Ullrich).

3. *Tulpinile aeriene adaptate la înmulțirea vegetativă* produc muguri axilari care se desprind de pe planta-mamă și, ajungînd în condiții favorabile, dau naștere la noi plante.

La grîușor (*Ficaria verna*), la subsuoara frunzelor se formează niște muguri axilari fără frunze, cu axa umflată și încărcată cu substanțe de rezervă, numiți *tuberule*, asemănătoare cu boabele de grîu (fig. 243), care se desprind și dau naștere la noi plante.

La *Dentaria bulbifera* (cruciferă), mugurii axilari se numesc *bulbile* și au frunzișoarele tuberizate și încărcate cu rezerve (fig. 244). Același fenomen se întîlnește și la o specie de crin bulbifer, *Lilium bulbiferum*.

¹ De la grec. *phyllon* = frunză și *eidos* = formă.

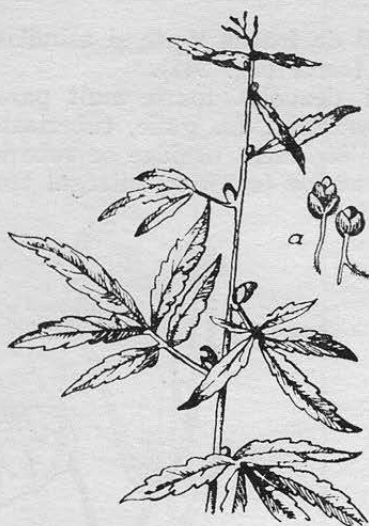


Fig. 244. *Dentaria bulbifera*, cu bulbile
la subsuoara frunzelor :

a — două bulbile pe cale de a produce rădăcini
(după Kerner).



Fig. 245. *Poa alpina* var. *vivipara* :

A — inflorescență cu flori; B — inflorescență cu bulbile; C — o bulbilă izolată (după Troll).

În unele cazuri, bulbilele se formează în inflorescență și ele provin din tuberizarea mugurilor floralii. Plantele cu bulbile în inflorescență au fost denumite greșit „vivipare”. Așa sînt *Poa alpina* var. *vivipara* (fig. 245), *Poa pratensis* var. *vivipara* etc.

4. *Tulpinile aeriene adaptate la apărare* au unele ramuri scurte, transformate în *spini*; este cazul tulpinilor de *Gleditschia triacanthos*, ai căror spini sînt mari și ramificați (fig. 246), a celor de porumbar (*Prunus spinosa*), păducel (*Crataegus*), păr și măr sălbatic etc.

b. Tulpinile subterane

Toate plantele ierboase perene posedă tulpini subterane, de pe care se dezvoltă în fiecare an ramuri aeriene florifere.

Toate tulpinile subterane sînt metamorfozate, fiind adaptate la: *depozitarea materiilor de rezervă*, *înmulțirea vegetativă* și la *rezistența împotriva condițiilor nefavorabile ale mediului* în anumite perioade, ca, de exemplu, gerul, perioadele secetoase etc.

Trăind în același mediu ca și rădăcina și îndeplinind unele funcțiuni asemănătoare cu rădăcinile metamorfozate, tulpinile subterane ale plantelor se aseamănă la aspect cu rădăcinile, de care însă se deosebesc prin următoarele caractere: vârful lor este golaș, neacoperit de piloriză; toate poartă muguri, la subsuoara unora frunze rudimentare în formă de solzi. Structura anatomică a tulpinilor subterane atestă caracterul lor caulinar. Există trei categorii de tulpini subterane, și anume: 1) rizomi, 2) tuberculi și 3) bulbi.

1. **Rizomii** sînt microblaste subterane, mai rar macroblaste, avînd caracterele și funcțiunile descrise mai înainte. Uneori, ca în cazul multor labiate (*Lamium*, *Mentha*, *Ajuga* etc.), tulpina aeriană a acestora se continuă în pămînt cu un rizom care nu se deosebește de ea din punct de vedere morfologic.

După poziția lor în sol, rizomii sînt *ortotropi* cînd cresc vertical, ca, de exemplu, cei de *Primula*, *Taraxacum* etc., sau *plagiotropi* cînd cresc oblic sau orizontal, cum sînt rizomii de *Convallaria*, *Iris*, *Polygonatum* etc. Forma exterioară a rizomilor este foarte variată; ei pot fi cilindrici, comprimați sau turtiți, umflați, filiformi etc.

La noduri, rizomii formează rădăcini adventive, iar din muguri dau naștere la lăstari aerieni, purtători de flori. După felul mugurilor care dau naștere acestor lăstari aerieni, rizomii sînt de două feluri: a) cu creștere nedefinită și b) cu creștere definită.

a) *Rizomii cu creștere nedefinită* au o ramificație *monopodială*. Ei cresc nelimitat orizontal în pămînt, prin activitatea mugurului terminal, iar

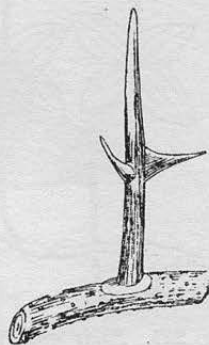


Fig. 246. Spin ramificat de *Gleditschia triacanthos* (după Schenk)

lăstarii aerieni se nasc din mugurii axilari. Acestui tip aparțin rizomii de *Paris quadrifolia* (fig. 247). *Majanthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Convallaria majalis* (fig. 248) etc.

b) Rizomii cu creștere definită au o ramificație *simpodială*. La aceștia creșterea este limitată, prin faptul că mugurul terminal dă naștere unui

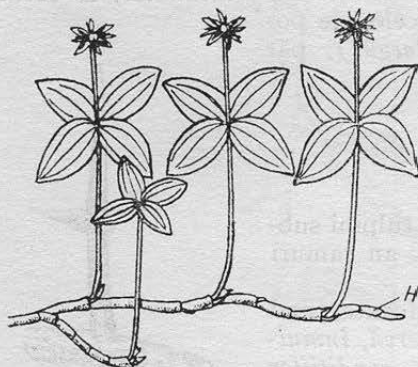


Fig. 247. *Paris quadrifolia*. Rizom cu ramificație monopodială (H) (după Strasburger)

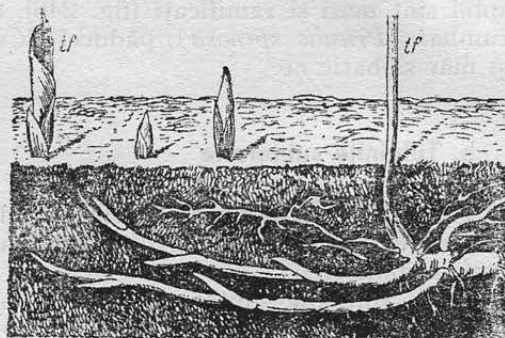


Fig. 248. Rizomi de lăcrămioare cu creștere indefinită (*Convallaria majalis*):
lf — tulpini florifere (după Schmeil).

lăstar florifer, iar alungirea rizomului se face prin ramuri care se nasc din mugurii axilari. Un exemplu de rizom simpodial este acela de pecetea lui Solomon sau *Polygonatum multiflorum*, la care cicatricile în formă de pecetei ale tulpinii florifere din fiecare an ne permit să-i evaluăm vârsta (fig. 249). Multe plante au rizomi orizontali ramificați, de pe care se ridică lăstarii aerieni. Asemenea plante se înmulțesc repede pe această cale și se răspîndesc pe suprafețe mari în timp scurt.

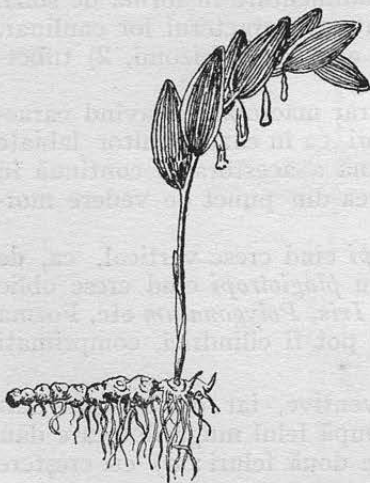


Fig. 249. Rizom orizontal de pecetea lui Solomon (*Polygonatum multiflorum*) (după Kursanov).

2. **Tuberculi** sînt microblaste subterane scurte, groase și cărnoase, pline cu materii de rezervă și purtînd rudimente de frunze sub formă de solzi, la subsuara cărora se află mugurii axilari numiți „ochiuri”.

La ridiche, la *Corydalis* sau la *Cyclamen*, tuberculul provine din axa hipocotilă a tulpinii, care rămîne în pămînt și se tuberizează, pe cînd la cartof și majoritatea plantelor cu tuberculi, aceștia reprezintă îngroșarea vîrfului unor stoloni subterani.

Ca formă, tuberculi sînt destul de variați (fig. 250).

Tuberculul de cartof, *Solanum tuberosum*, foarte curînd după formarea sa dobîndește o structură secundară, ca urmare a apariției și activității zonelor generatoare. Felogenul dă suberul care învelește tuberculul și scoarța secundară bogată în celule pline cu amidon, iar cambiul dă mult parenchim liberian și liber, pline și ele cu amidon, și foarte puțin lemn.

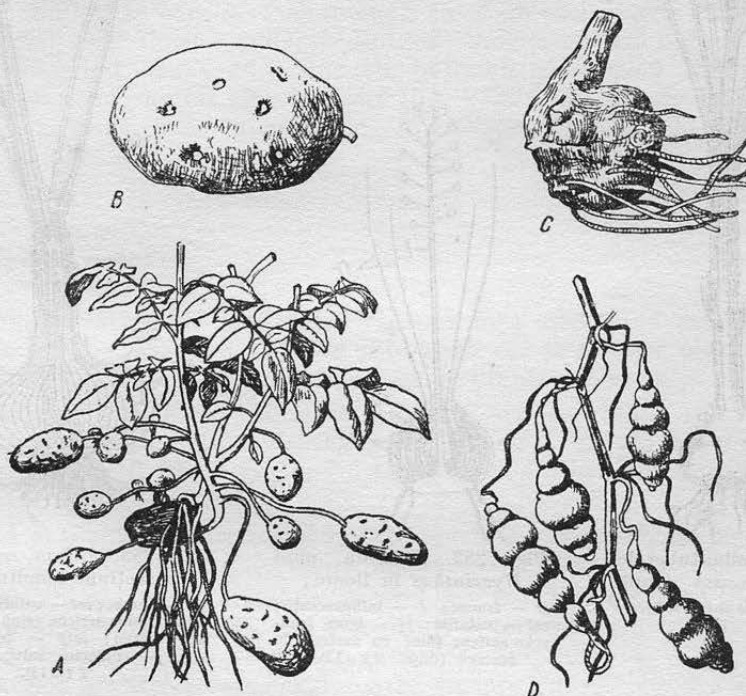


Fig. 250. Diferite forme de tuberculi:

A, B — la cartof; C — la napi porcești (*Helianthus tuberosus*); D — la *Stachys* (după Hegi).

Bulbo-tuberul face trecerea între tuberculi și bulbi, fiind învelit la exterior în frunze uscate ca și bulbul, dar avînd materiile de rezervă depuse în partea lui cărnosă și umflată, ca și tuberculul. Primăvara, bulbo-tuberul dă naștere la o tulpină floriferă, care, pînă toamna, produce un nou bulbo-tuber. Astfel de organe subterane au *Crocus* (șofranul) (fig. 251), *Colchicum*, *Gladiolus* etc.

3. **Bulbii** sînt microblaste subterane, învelite cu frunze cărnose, pline cu materii de rezervă (fig. 252).

Partea tulpinală a bulbului constă dintr-un disc de pe care pleacă în jos un mănunchi de rădăcini adventive, iar în partea de sus a discului se află un mugur, din care se va dezvolta în anul următor tulpina floriferă aeriană. Mugurul este învelit de o serie de frunze groase și cărnose, pline cu substanțe de rezervă. Cele mai exterioare dintre ele sînt subțiri, brune

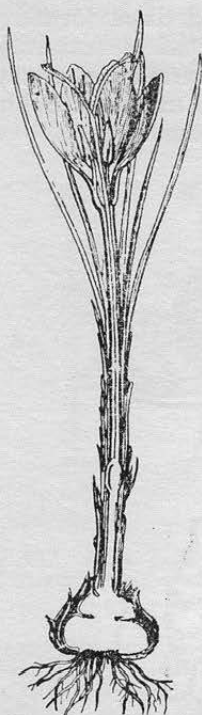


Fig. 251. Bulbo-tuber de șofran (*Crocus*) (după Strasburger).

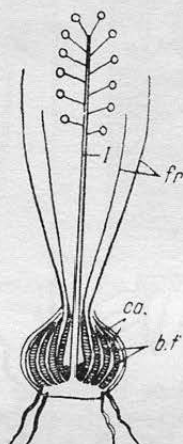


Fig. 252. Schema unui *Hyacinthus* în floare:

fr — frunze; I — inflorescență; cat — catafile; bf — baza frunzelor aeriene pline cu materii de rezervă (după Troll).

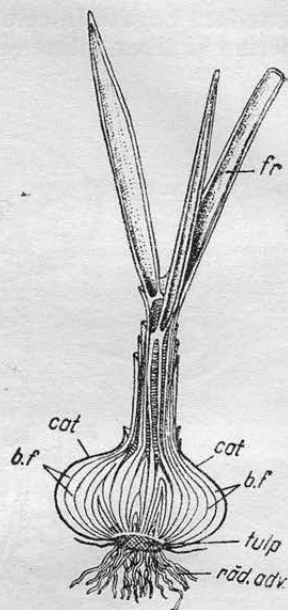


Fig. 253. *Allium cepa*. Bulb în secțiune longitudinală:

fr — frunze; cat — catafile; bf — baza frunzelor aeriene plină cu materii de rezervă; tulp — tulpină; răd. adv. — rădăcini adventive (după Troll).

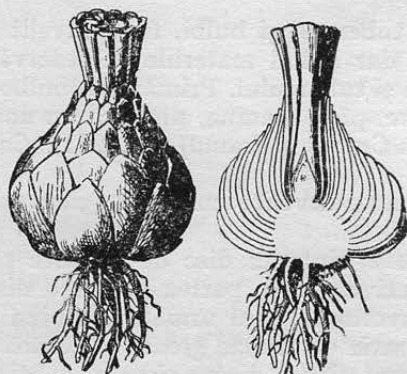


Fig. 254. Bulb solzos de crin (*Lilium candidum*) (după Baillon).

pletesc pe sub scoarța copacului-gazdă ca un fel de miceliu de ciupercă, de pe care ies în afară numai florile lor uriașe.

Lintîța-de-baltă, *Lemna minor*, deși autotrofă, are tulpina redusă în forma unui disc verde, de pe care pleacă în jos rădăcina (fig. 255). Organismul lintîței se aseamănă mai mult cu un tal decît cu un corm.

d. Anatomia tulpinii

Vîrful vegetativ al tulpinii. Teoria tunicii și corpului. Originea țesuturilor primare din tulpină. Creșterea în lungime a tulpinii se datorește existenței și activității unor meristeme situate în locuri precis determinate de pe suprafața sa. Aceste locuri în care se găsesc celule inițiale și meristeme în activitate se numesc *vîrfuri vegetative*, *conuri vegetative* sau *conuri de creștere*, deși nici una dintre numiri nu se potrivește la toate tulpinile.

Într-adevăr, există plante cu vîrf vegetativ țesit, care abia se boltește ușor deasupra ultimelor primordii foliare. Așa este cazul la *Clematis*. Altele, ca la *Podostemon*, meristemul terminal este situat într-o adîncitură de la baza primordiilor foliare. În acest caz nu poate fi vorba nici de vîrf, nici de con. La cele mai multe plante acvatice însă vîrfurile vegetative au forma unor conuri alungite, distanța dintre extremitatea lor și ultimele primordii de frunze fiind aprecia-bilă (fig. 256).

Indiferent de forma pe care o iau, vîrfurile vegetative adăpostesc chiar în primul lor strat celula sau celulele inițiale, prin diviziunile cărora se naște meristemul primordial care alungește tulpina și „furnizează” celulele ce vor construi structura primară a acesteia.

Structura punctelor vegetative ale vîrfului tulpinilor este complexă și variază foarte mult în cadrul marilor grupe sistematice de plante. Pentru explicarea acestei structuri s-au emis mai multe teorii. Cea mai veche dintre ele este *teoria celulei inițiale apicale* formulată de Hofmeister în 1862. Conform acestei teorii, vîrful

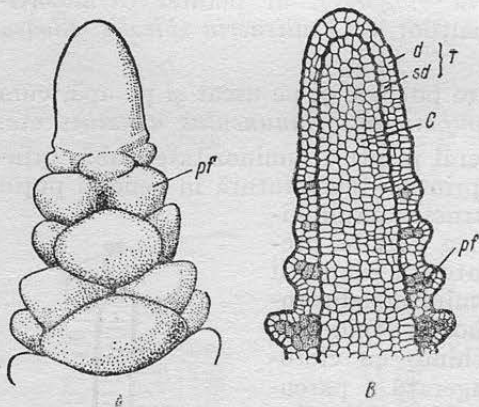


Fig. 256. Conul vegetativ al tulpinii de *Elodea*, cu primordii de frunze (*pf*):

A — văzut din profil; B — în secțiune longitudinală;
d — dermatogen; sd — subdermatogen; C — corpul;
T — tunica (după Stocker).

tuturor tulpinilor s-ar clădi din celule rezultate prin diviziunile anticlinale și periclinalle ale unei singure inițiale situată în primul strat, avînd forma unei piramide cu trei, patru sau cinci fețe. Această teorie se verifică la mușchi, *Equisetaceae*, multe ferigi și unele specii de *Selaginella*, dar nu este aplicabilă la fanerogame.

pletesc pe sub scoarța copacului-gazdă ca un fel de miceliu de ciupercă, de pe care ies în afară numai florile lor uriașe.

Lintița-de-baltă, *Lemna minor*, deși autotrofă, are tulpina redusă în forma unui disc verde, de pe care pleacă în jos rădăcina (fig. 255). Organismul lintiței se aseamănă mai mult cu un tal decât cu un corm.

d. Anatomia tulpinii

Vîrfurile vegetative al tulpinii. Teoria tunicii și corpusului. Originea țesuturilor primare din tulpină. Creșterea în lungime a tulpinii se datorește existenței și activității unor meristeme situate în locuri precis determinate de pe suprafața sa. Aceste locuri în care se găsesc celule inițiale și meristeme în activitate se numesc *vîrfuri vegetative*, *conuri vegetative* sau *conuri de creștere*, deși nici una dintre numiri nu se potrivește la toate tulpinile.

Într-adevăr, există plante cu vîrf vegetativ teșit, care abia se boltește ușor deasupra ultimelor primordii foliare. Așa este cazul la *Clematis*. Altele, ca la *Podostemon*, meristemul terminal este situat într-o adîncitură de la baza primordiilor foliare. În acest caz nu poate fi vorba nici de vîrf, nici de con. La cele mai multe plante acvatică însă vîrfurile vegetative au forma unor conuri alungite, distanța dintre extremitatea lor și ultimele primordii de frunze fiind aprecia-

bilă (fig. 256). Indiferent de forma pe care o iau, vîrfurile vegetative adăpostesc chiar în primul lor strat celula sau celulele inițiale, prin diviziunile cărora se naște meristemul primordial care alungește tulpina și „furnizează” celulele ce vor construi structura primară a acesteia.

Structura punctelor vegetative ale vîrfurilor tulpinilor este complexă și variază foarte mult în cadrul marilor grupe sistematice de plante. Pentru explicarea acestei structuri s-au emis mai multe teorii. Cea mai veche dintre ele este *teoria celulei inițiale apicale* formulată de Hofmeister în 1862. Conform acestei teorii, vîrfurile

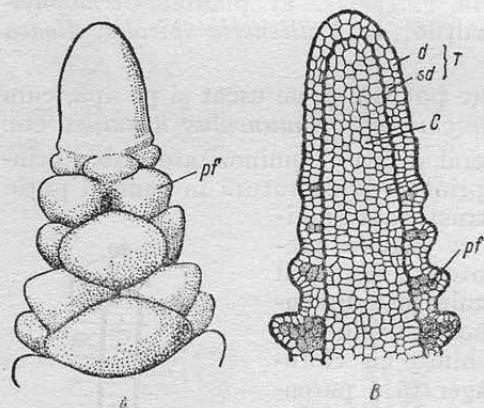


Fig. 256. Conul vegetativ al tulpinii de *Elodea*, cu primordii de frunze (*pf*):

A — văzut din profil; B — în secțiune longitudinală;
d — dermatogen; sd — subdermatogen; C — corpuscul;
T — tunica (după Stocker).

tuturor tulpinilor s-ar clădi din celule rezultate prin diviziunile anticlinale și periclinale ale unei singure inițiale situată în primul strat, avînd forma unei piramide cu trei, patru sau cinci fețe. Această teorie se verifică la mușchi, *Equisetaceae*, multe ferigi și unele specii de *Selaginella*, dar nu este aplicabilă la fanerogame.

După teoria histogenelor a lui Hanstein (1864), vîrfurile tulpinilor adăpostesc serii de inițiale suprapuse, din care se nasc cele trei foițe cunoscute de la studiul rădăcinii: dermatogenul, periblemul și pleromul, foițe care dau naștere respectiv epidermei, scoarței și cilindrilor central. În realitate, la foarte multe tulpini nu se poate face o distincție între periblem și plerom. La *Abietaceae*, dintre conifere, nu se poate observa o deosebire între dermatogen și periblem, iar la grîu și ovăz dermatogenul, care ar trebui să dea naștere numai epidermei, conform schemei lui Hanstein, în realitate dă și cea mai mare parte din țesutul intern al frunzelor.

În locul teoriei histogenelor, Schmidt (1924) a propus o nouă teorie numită *teoria tunicii și corpusului*. Conform acestei teorii, corpusul tulpinii fanerogamelor este învelit cu o manta al cărei prim strat este identic cu dermatogenul și care se numește *tunica* (fig. 256, T), și un masiv meristem central acoperit de tunică și numit *corpus* (fig. 256, C).

Celulele tunicii situate la extremitatea vîrfului vegetativ se divid numai prin pereți anticlinali, pe cînd, la o anumită depărtare de vîrf, celulele ei se divid și periclinal. Celulele corpusului se divid de la început atît anticlinal cît și periclinal.

Nici teoria tunicii și corpusului nu ne permite să explicăm ansamblul de forme și structuri din vîrfurile tulpinilor, unde procesul de dezvoltare se manifestă în mod continuu. Limitele care separă tunica de corpus sînt adesea imprecise, deoarece structurile observate nu sînt constante, ele fiind supuse influenței mediului și variind și cu vîrsta plantelor. Numărul straturilor tunicii este și el foarte variabil: un strat la grîu, secară, porumb, *Valeriana*; două straturi la *Elodea canadensis*, *Ruppia maritima*, *Belis perennis*; trei straturi la *Araucaria brasiliensis* (gimnosperm); patru straturi la *Viburnum rufidulum*, *Amygdalus communis*, *Hypericum uralum*; patru—șase straturi la *Hippuris vulgaris* etc.

Teoria inelului inițial (L. Plantefol, 1948) susține că zona apicală, situată la extremitatea vîrfului vegetativ al tulpinii constituie o „zonă quiescentă”¹ cuprinzînd celule puțin meristemice, care se divid rar sau de loc (z.a., din fig. 257). Ceva mai jos de vîrf și la periferia acestuia se află un brîu de celule meristemice, care se divid extrem de activ, constituind „inelul inițial” (i.i., fig. 257), furnizînd celule din care se vor zidi primordiile de frunze și scoarța. În centrul vîrfului vegetativ se află un meristem

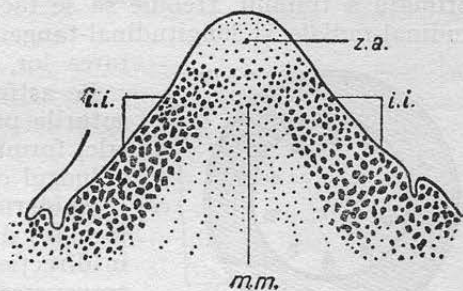


Fig. 257. Inelul inițial al vîrfului vegetativ al tulpinii:

z.a — zona apicală, quiescentă; i.i — inel inițial; m.m — meristem medular (după Camefort și Paniel).

¹ De la lat. *quiesco*, -ere = a se odihni, a sta liniștit.

medular, cu celule aranjate în serii liniare (*m.m.*, fig. 257), care vor mărgini cilindrul central și măduva.

Reiese din cele de mai sus că nu se poate da un tip unic de structură a vârfului vegetativ al tulpinii fanerogamelor valabil pentru toate speciile.

Sînt cazuri cînd fiecare țesut primar din structura tulpinii își are o inițială proprie, altele cînd una și aceeași inițială poate da naștere la mai multe țesuturi primare și altele, în fine, în care originea țesuturilor primare din tulpină nu se poate urmări pînă la inițiale.

Un lucru este precis: la o mică depărtare de vârful vegetativ începe o zonă de diferențiere celulară, în care celulele meristematice se transformă în țesuturi definitive ce vor alcătui tulpina primară. Ordinea de apariție a țesuturilor este următoarea: primele se nasc fasciculele conducătoare din procambiu; apoi epiderma din tunică, și, în fine, țesutul fundamental, inclusiv colenchimul și sclerenchimul.

Structura primară a tulpinii

Structura primară a tulpinii, ca și cea a rădăcinii, este alcătuită din țesuturi primare care-și au originea în meristemele terminale ale mugurilor. Pentru a putea studia felul țesuturilor și așezarea lor în structura primară a tulpinii, trebuie să se facă secțiuni subțiri, transversale, longitudinal-radiale și longitudinal-tanțiale prin acest organ și, după colorarea lor, să se examineze la microscop.

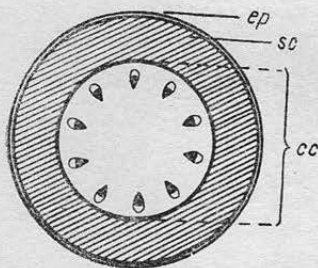


Fig. 258. Schema structurii primare a tulpinii:

ep — epiderma; *sc* — scoarța;
cc — cilindrul central (după Grințescu).

Pe astfel de secțiuni se poate observa că țesuturile primare ale tulpinii sînt așezate concentric, formînd trei regiuni: epiderma, scoarța și cilindrul central sau stelul (fig. 258).

Epiderma este țesutul învelitor al tulpinii, formată dintr-un singur strat de celule alungite în direcția lungimii tulpinii, celule cu secțiune transversală pătratică, cu pereții exteriori bombăți și cutinizați, lipsite de clorofilă și de substanțe de rezervă. Printre celulele epidermice se află stomate. Unele celule epidermice sînt transformate în peri în număr și de forme variabile.

Scoarța sau parenchimul cortical este limitat spre exterior de epidermă și spre interior de endoderm. Ea are un mare număr de straturi celulare, parenchimatice, cu membrane celulozice subțiri, cu numeroase spații intercelulare. Primele trei-patru straturi ale scoarței pot conține cloroplaste și deci participă la fotosinteză, ultimele straturi pot fi încărcate cu substanțe de rezervă.

În interiorul parenchimului cortical se pot diferenția elemente histologice particulare, ca:

— *țesuturi de susținere*: colenchim (la labiate, umbelifere etc.), sclerenchim (la graminee, ciperacee etc.), sclereide izolate;

— *țesuturi secretoare*: celule izolate (la piperacee, lauracee), canale secretoare (la conifere, mirtacee, umbelifere etc.), celule și canale mucilagigene (malvacee, lauracee);

— *laticifere* (la euforbiacee, moracee etc.);

— *fascicule libero-lemnoase* care vin din frunze și merg să se unească cu cele din cilindrul central (*Begonia*, *Vicia*, *Lathyrus* etc.).

Scoarța poate lua parte la formarea unor spini sau emergențe, ca la rug, zmeure etc.

Endodermul, cel mai profund strat al scoarței, se distinge mai rar așa de net ca în cazul rădăcinilor. Dacă la rizomi el apare cu celule îngroșate în formă de U, la multe plante apare doar ca un strat de celule aranjate regulat și pline cu amidon, când se numește *teacă amiliferă*. La multe monocotiledonate și la unele dicotiledonate (*Ranunculus*), endodermul lipsește cu totul.

Cilindrul central sau stelul cuprinde toate țesuturile situate la interiorul endodermului.

În general, tulpinile plantelor superioare au câte un singur cilindru central și se numesc *monostelice*. Unele ferigi, selaginelacee și câteva specii de *Primula* și *Gunnera* dintre fanerogame sînt *polistelice*, avînd mai mulți cilindri centrali în tulpină, fiecare cu câte un endoderm propriu. Și mai rare sînt cazurile de plante *astelice* care nu au cilindru central, ci fiecare fascicul își are endoderm propriu. O astfel de tulpină posedă *Equisetum limosum*.

Monostelul tulpinilor n-a avut de la început înfățișarea sa de astăzi. În decursul procesului îndelungat al evoluției sale filogenetice, stelul a trecut prin mai multe etape, și anume prin acelea de *protostel*, *actinostel*, *sifonostel*, *dictyostel*, *eustel* și *atactostel*.

a) *Protostelul*¹ reprezintă cel mai primitiv tip de stel, care a apărut la psilofitele paleozoice de talie mică, tip *Rhynia*, și care era alcătuit dintr-o coloană centrală plină de lemn, înconjurată de un cilindru de liber. Măduva, ca și razele medulare lipseau din cilindrul central (fig. 259, A).

b) *Actinostelul*² diferă de protostel prin aceea că lemnul său nu mai are contur cilindric, ci cu șanțuri și creste, așa încît pe secțiune transversală acesta are un aspect stelat. S-a găsit la psilofitele de talie mare, tip *Asteroxylon*, și la unele ferigi primitive (fig. 259, B). Nici el n-avea măduvă și raze medulare.

c) *Sifonostelul*³ are o coloană de măduvă parenchimatică, înconjurată de un cilindru de lemn, peste care se suprapune un alt cilindru de liber (fig. 259, C). Se găsește la *Lycopodiaceae* și unele ferigi actuale, primitive (*Osmunda*).

d) *Dictyostelul*⁴ este un sifonostel ai cărui cilindri de lemn și liber prezintă multe întreruperi datorită ieșirii vaselor care merg spre frunze și ramuri.

¹ De la grec. *protos* = cel dintîi și *stela* = coloană.

² De la grec. *aktinos* = stea și *stela* = coloană.

³ De la grec. *sipho* = tub și *stela* = coloană.

⁴ De la grec. *diktyon* = rețea și *stela* = coloană.

Văzut în spațiu, dictyostelul apare ca o rețea cu ochiuri largi, de unde și numele de „stel reticular” ce i se mai dă (fig. 259, D). Se întâlnește la multe ferigi actuale.

e) *Eustelul*¹ gimnospermelor și majorității dicotiledonatelor de azi are stelul fragmentat în fascicule libero-lemnoase dispuse regulat după un cerc, despărțite prin raze medulare și avînd în centru măduvă (fig. 259, E).

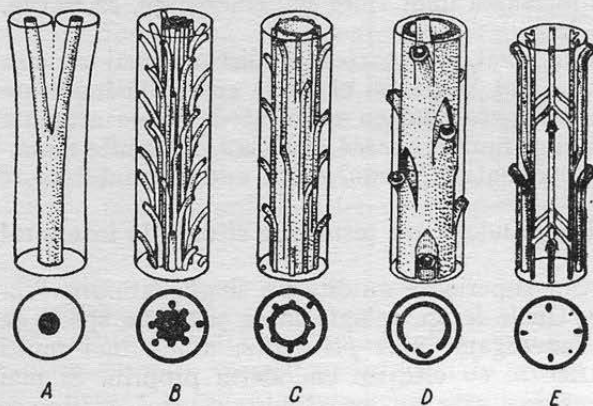


Fig. 259. Tipuri de stel din tulpină:

A — prostel; B — actinostel; C — sifonostel; D — dictyostel; E — eustel. Lemnul, în negru, liberul, în alb (după Strasburger).

f) *Atactostelul*² este cilindrul central al monocotiledonatelor care au în tulpină foarte multe fascicule libero-lemnoase, împrăștiate în mod neregulat într-un parenchim fundamental.

În cazul cel mai complex, un eustel este format din următoarele țesuturi: periciclul, măduva, razele medulare și fasciculele conducătoare.

Periciclul, situat imediat sub endoderm, la exteriorul fasciculelor conducătoare, este format de regulă din mai multe straturi de celule. Membranele celulelor sale pot rămâne celulozice sau se pot lignifica. Uneori întreg periciclul se lignifică, altele apar în acesta pachete de fibre periciclice. În periciclu pot apare canale secretoare sau laticifere. La monocotiledonate și unele dicotiledonate periciclul lipsește.

Măduva este țesutul central al tulpinii, putînd fi mai subțire sau mai groasă, celulozică sau sclerificată. La tulpinile fistuloase (*Gramineae*, *Umbelliferae*, *Compositae*), măduva dispăre, locul ei luîndu-l o lacună medulară.

Razele medulare primare sînt fișii parenchimatice care ocupă intervalul dintre fascicule, legînd măduva cu periciclul.

Fasciculele conducătoare constituie cele mai importante elemente ale cilindrilor centrali și singurele care nu pot lipsi din structura acestuia.

Spre deosebire de fasciculele rădăcinii formate sau numai din țesut lemnos, sau numai liberian și care sînt dispuse în alternanță, tulpinile au ambele feluri de țesuturi într-un același fascicul libero-lemnos.

¹ De la grec. *eu* = veritabil și *stela* = coloană.

² De la grec. *ataktos* = neregulat și *stela* = coloană.

Tipul normal de fascicule libero-lemnoase din tulpină este cel *colateral*: fasciculul are două laturi: una internă, alcătuită din țesut lemnos, și alta externă, formată din țesut liberian.

Fasciculele colaterale sînt de două feluri: *deschise* și *închise*.

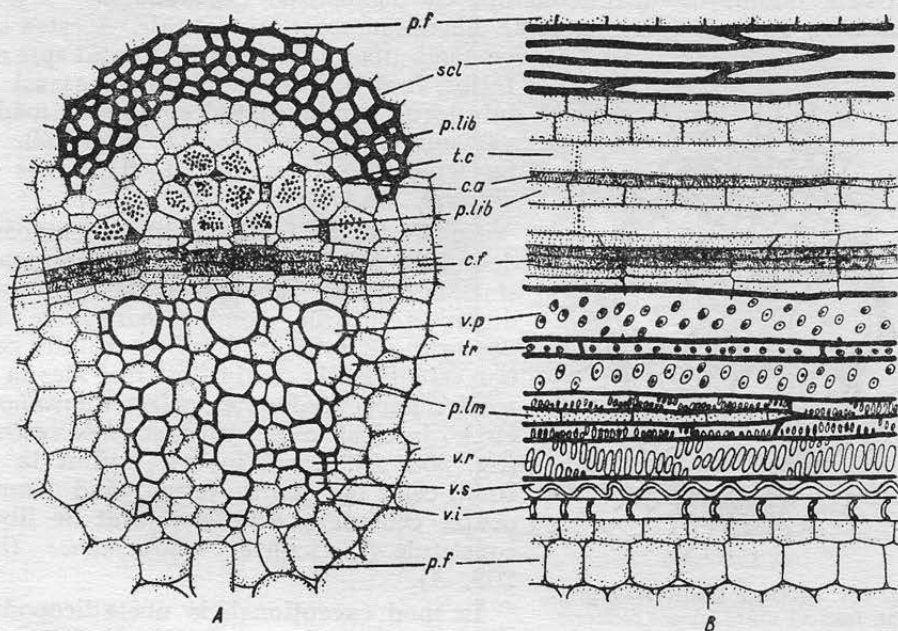


Fig. 260. Secțiune transversală (A) și longitudinală (B) printr-un fascicul libero-lemnos colateral-deschis de la dicotiledonate:

p.f. — parenchim fundamental; scl. — teacă de sclerenchim; p.lib. — partea liberiană a fasciculului; t.c. — tub ciuruit; c.a. — celule anexe; c.f. — cambiu fascicular; v.p. — vas punctat; tr. — traheide; p.lm. — parenchim lemnos; v.r. — vas reticulat; v.s. — vas spiralat; v.i. — vas inelat (după Stocker).

La un fascicul deschis, așa cum se întâlnește în tulpina celor mai multe dicotiledonate și gimnosperme, între partea liberiană și cea lemnosă se găsesc câteva straturi de celule care și-au păstrat caracterul embrionar, alcătuind un *cambiu fascicular* (fig. 260).

Fasciculele lipsite de cambiu fascicular se numesc *colateral-închise* și sînt caracteristice pentru monocotiledonate (fig. 261).

Liberul fasciculelor este format din tuburi ciuruite, celule anexe și parenchim liberian. Dezvoltarea lui se face *centripet*, ca și la rădăcină. Protofloemul este mai aproape de periciclu, pe cînd metafloemul este mai aproape de centru.

Lemnul fasciculelor, din contră, se dezvoltă *centrifug*: protoxilemul se află în partea cea mai internă a fasciculului, mai aproape de măduvă,

pe cînd metaxilemul este mai aproape de liber. Lemnul este format din vase și puțin parenchim lemnos. Atît spre exterior, cît și spre interior, fasciculele libero-lemnoase au cîte o placă de sclerenchim care pe secțiune transversală apare ca un arc, cel exterior fiind mai gros decît cel interior (*scl*, fig. 260 și 261).

Unele familii de dicotiledonate, ca *Solanaceae*, *Cucurbitaceae*, *Myrtaceae* etc., au în tulpini fascicule libero-lemnoase *bicolaterale*. Acestea au, pe lîngă liberul obișnuit, îndreptat spre exterior, încă o porțiune de liber, așezat la interiorul lemnului, îndreptat spre măduvă, numit *liber perimedular* (fig. 262). Și fasciculele bicolaterale pot fi *închise* și *deschise*.

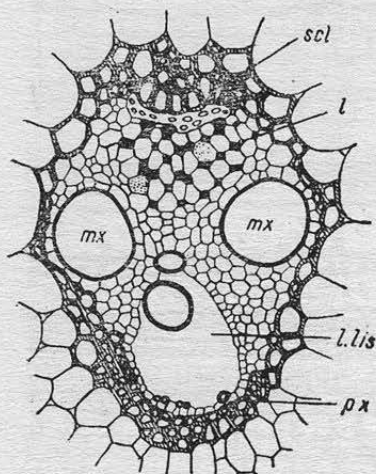


Fig. 261. Secțiune transversală printr-un fascicul libero-lemnos colateral închis de *Zea mays*:

scl. — plăci de sclerenchim; *l* — liber;
mx — metaxilem; *l.lis* — lacună lisigenă;
px — protoxilem (după Troll).

Un alt tip de fascicule libero-lemnoase, destul de frecvente în tulpinile plantelor, sînt fasciculele *concentrice*, la care unul dintre țesuturile conducătoare este înconjurat de celălalt. Cînd țesutul din centru este liberul, caz întîlnit mai ales la rizomii monocotiledonatelor (*Iris*, *Convallaria* etc.), fasciculele se numesc *leptocentrice* (fig. 263, B). Cazul invers, întîlnit la rizomii celor mai multe ferigi, cînd lemnul ocupă centrul și este înconjurat de liber, constituie fasciculele *hadrocentrice* (fig. 263, A).

În mod excepțional, la unele lycopodiacee și în rizomii unor ferigi primitive actuale, țesutul conducător poate îmbrăca aspectul de fascicule *radiale*, liberul și lemnul fiind dispuse în benzi separate care alternează ca în rădăcină.

Din punctul de vedere al dezvoltării lor filogenetice, toate tipurile de fascicule enumerate derivă din protostelul primitiv al psilofitelor, prin deplasarea țesutului conducător din centrul tulpinii către periferia acesteia și prin întreruperea cilindrilor de lemn și de liber și înfigerea între fragmentele lor a unor țesuturi, mai ales parenchimatice.

Structura primară a tulpinii

Întrucît am analizat în detaliu fiecare dintre țesuturile care intră în alcătuirea structurii primare a tulpinii, prezentarea cîtorva structuri concrete de tulpini o vom face mai pe scurt.

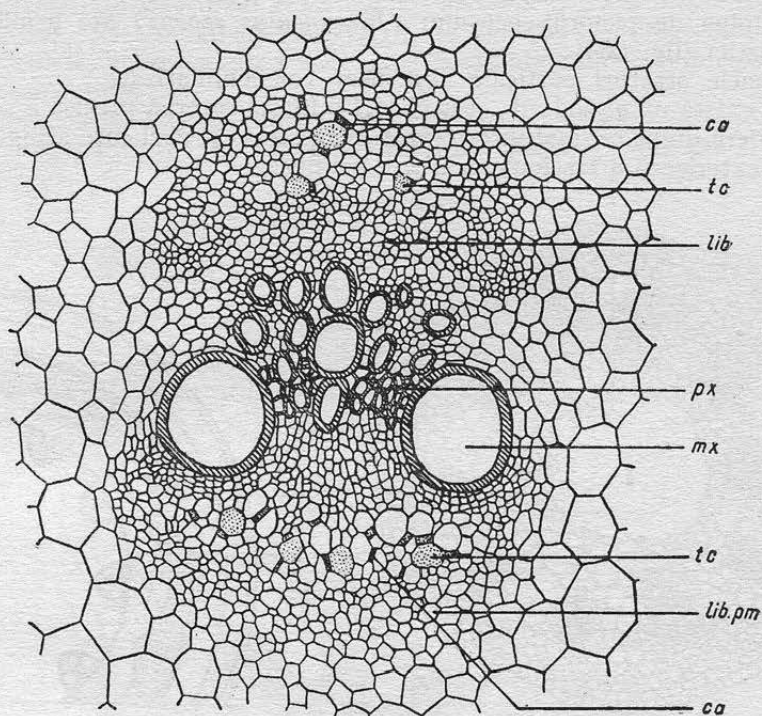
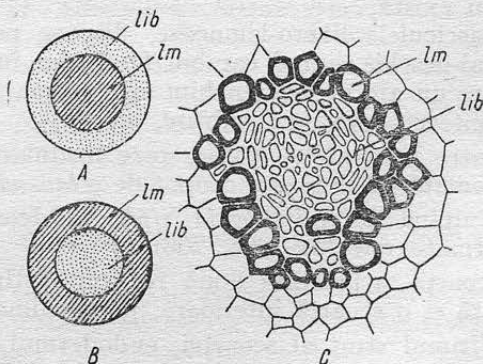


Fig. 262. Secțiune transversală printr-un fascicul libero-lemnos bico-lateral de *Cucurbita*:

ca — celule anexe; tc — tuburi ciuruite; lib — liber; px — protoxilem; mx — metaxilem; lib. pm — liber perimedular (după Ullrich).

Fig. 263. Schema fascicu-lor concentrice în secțiune transversală:

A — fascicul hadrocentric; B — fascicul leptocentric; C — fascicul leptocentric din rizomul de *Con-vallaria*: lib — liber; lm — lemn (după Troll).



— Tulpina de piciorul-cocoșului (*Ranunculus repens*) are următoarele caracteristici (fig. 264):

1. Primele straturi corticale sînt ușor colenchimatizate.
2. Nu există un endoderm, și deci nici o limită internă precisă a scoarței. Se consideră drept cel mai intern strat al acesteia, stratul care atinge extremitatea exterioară a fasciculelor libero-lemnoase.

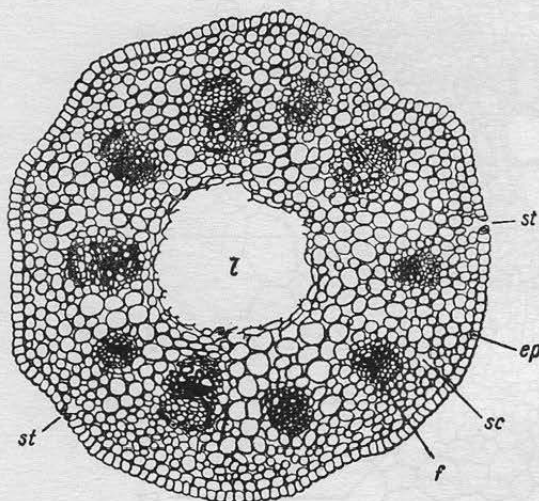


Fig. 264. Secțiune transversală într-un stolon de *Ranunculus repens*:

ep — epiderma; st — stomate; sc — scoarța; f — fascicule libero-lemnoase; l — lacună medulară (după Grințescu).

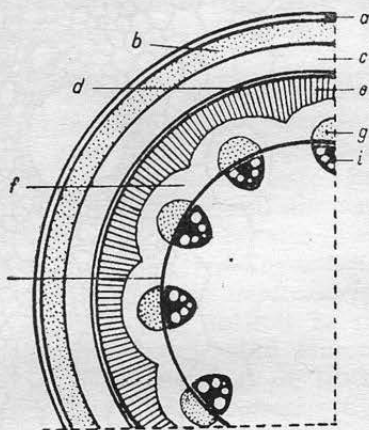


Fig. 265. Schema structurii tulpinii de *Aristolochia siphon*:

a — epiderma; b — scoarța colenchimatică; c — scoarța parenchimatică; d — endoderm; e — periciclu sclerenchimatic; f — periciclu parenchimatic; g — partea liberiană a fasciculului cu partea lui lemnoasă (i); h — cambiu (după Grințescu).

3. Cilindrul central, de asemenea, nu poate fi delimitat cu precizie. Periciclu nu există.

4. Fasciculele libero-lemnoase, dispuse pe un singur cerc, sînt de tip colateral-deschis, avînd cambiu fascicular între liber și lemn. Fiecare fascicul are un arc de sclerenchim extern, mai puternic, și un arc de sclerenchim intern, ceva mai subțire.

5. Între fascicule se găsesc raze medulare primare.

6. Centrul tulpinii este ocupat de o lacună medulară.

— Tulpina de *Aristolochia siphon* se deosebește de cea de *Ranunculus* prin următoarele (fig. 265, 266):

1. Scoarța sa prezintă două regiuni distincte: una exterioară colenchimatizată și o scoarță interioară, parenchimatică.

2. Ultimul strat al scoarței, endodermul, se prezintă ca o teacă amiliferă tipică.

3. Periciclul pluristratificat prezintă, de asemenea, două zone distincte: o zonă groasă, sclerenchimatică, externă, și una parenchimatică, internă.

4. Fasciculele libero-lemnoase, de tip colateral-deschis, sînt lipsite de teci de sclerenchim.

5. Cambiul fascicular se continuă cu porțiuni de *cambiu interfascicular* (fig. 266, *c.i.f.*), formînd în ansamblu un inel cambial continuu.

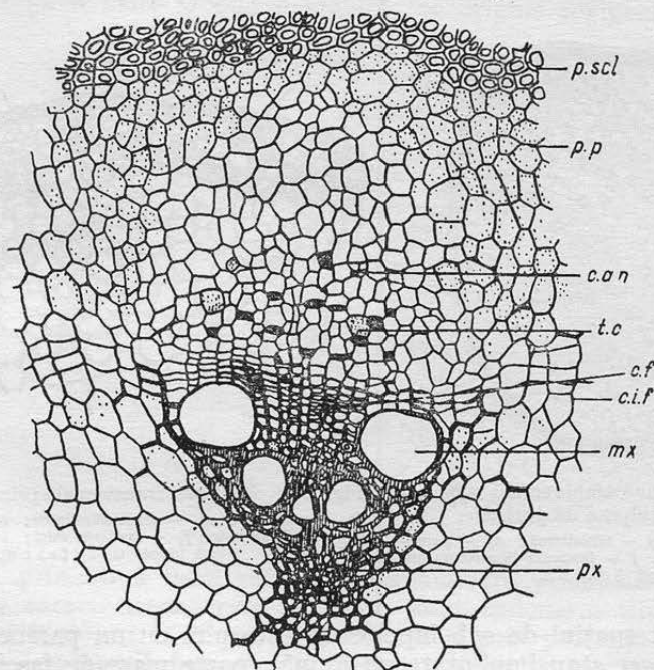


Fig. 266. Secțiune transversală printr-un fascicul libero-lemnos de *Aristolochia*:

p.scl — periciclul sclerenchimatic; *p.p* — periciclul parenchimatic; *c.an* — celulă anexă; *t.c* — tub ciuruit; *c.f* — cambiu fascicular; *c.i.f.* — cambiu interfascicular; *mx* — metaxilem; *px* — protoxilem (după Strasburger).

— Structura tulpinilor de *Monocotyledonatae* se deosebește de aceea a tulpinilor de *Dicotyledonatae* prin următoarele caractere:

1. Scoarța, foarte subțire în raport cu cilindrul central, este imposibil de delimitat spre interior, neexistînd nici un fel de endoderm.

2. Fasciculele libero-lemnoase, de tip colateral-închis, sînt foarte numeroase și dispuse neregulat într-un parenchim fundamental.

După structura lor, tulpinile de monocotiledonate aparțin la două tipuri: *tulpini pline* la interior și *tulpini goale* (paiul).

Au tulpini pline: palmierii, sorgul, trestia-de-zahăr, porumbul etc.

Au tulpini goale mai toate cerealele: grîul, secara, orezul, ovăzul, orzul etc.

Vom analiza structura cîte unei tulpini din fiecare tip.

O tulpină de porumb, *Zea mays*, pe secțiune transversală prezintă următoarele țesuturi (fig. 267):

Epiderma este formată din celule mici, puternic silicifiate, cu stomate de un tip special, în formă de haltere.

Scoarța are primele straturi de celule lignificate și impregnate cu SiO_2 , constituind o *hipodermă* (*hi*, fig. 267). Scoarța nu poate fi delimitată spre

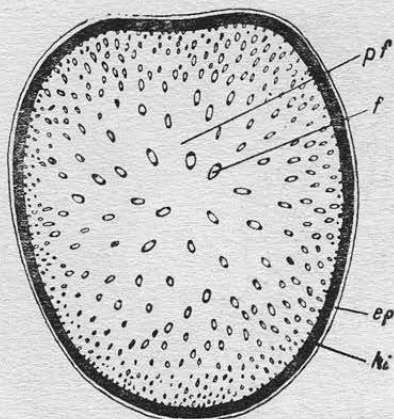


Fig. 267. Secțiune transversală schematică prin tulpina de porumb:

ep — epidermă; *hi* — hipodermă; *pf* — parenchim fundamental; *f* — fascicule liberolemnoase (după Schenk).

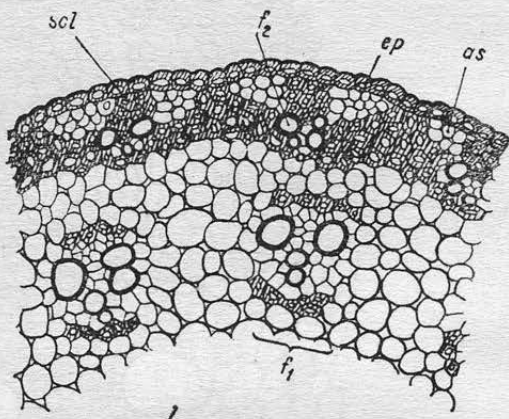


Fig. 268. Secțiune transversală prin paiul de grâu:

ep — epidermă; *as* — țesut asimilator; *scl* — sclerenchim; *f*₁ — fascicule mari; *f*₂ — fascicule mici; *l* — lacună medulară (după Grințescu).

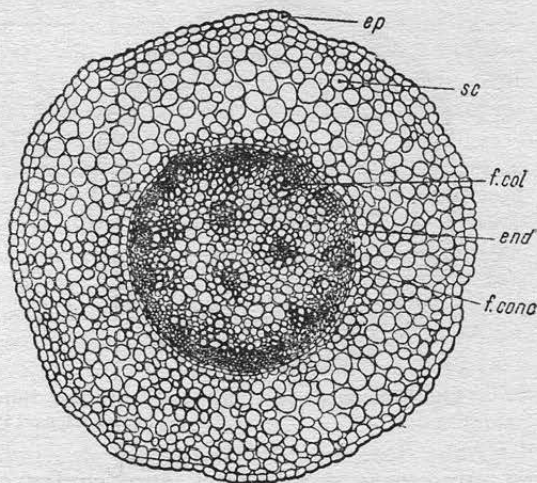
interior. Tot spațiul de sub hipodermă este plin cu un parenchim fundamental, în care stau împlintate un număr foarte mare de fascicule liberolemnoase de tip colateral-închis. Fasciculele sînt împrăștiate în tot parenchimul, fără vreo ordine. Cele periferice sînt mai mici și complet înconjurate de sclerenchim, fasciculele din centru sînt mai mari, cu cîte două teci de sclerenchim care nu se unesc prin margini și cu lemnul dispus în formă de V, datorită faptului că începînd de la protoxilem, metaxilemul se dezvoltă în două ramuri divergente, între care este inclus liberul (v. fig. 260). Protoxilemul este, de obicei, situat într-o mare lacună lisigenă născută prin resorbția parenchimului lemnos.

Paiul de grâu, *Triticum aestivum* ssp. *vulgare*, pe o secțiune transversală printr-un internodiu, prezintă următoarea structură (fig. 268): o epidermă silicifiată, cu stomate dispuse în serii longitudinale; scoarța, lipsită de endoderm, prezintă o zonă lată de celule cu pereții complet sclerificați, în care se află înglobate un prim cerc de fascicule liberolemnoase, colateral-închise, fără teci de sclerenchim. De o parte și de alta a fiecărui fascicul se află cîte un cordon de celule vii, asimilatoare, cu pereți subțiri și celulozici, care pe secțiune transversală apar ca niște insule verzi. Șirurile regulate

de stomate din epidermă sînt dispuse în lungul acestor cordoane asimila-toare.

La interiorul manșonului de sclerenchim amintit se află un parenchim cu celule mari, cu pereții la început celulozici, apoi lignificați. În acest parenchim se află al doilea cerc de fascicule libero-lemnoase, mai mari ca primele, cu teci de sclerenchim și cu lacună lisigenă. Centrul tulpinii este ocupat de o mare lacună medulară, de origine rexigenă.

Fig. 269. Secțiune transversală prin-tr-un rizom de *Convallaria majalis*: ep — epidermă; sc — scoarță; end — endo-derm; f.col — fascicule colaterale; f.conc — fas-cicule concentrice (după Grințescu).



Structura primară a unui rizom de lăcrămioare (*Convallaria majalis*) (fig. 269) se caracterizează prin prezența unui endoderm tipic cu celule avînd pereții îngroșați în formă de potcoavă și prin prezența în cilindrul central a două categorii de fascicule libero-lemnoase: la periferie, rezemate pe periciclul, un cerc de fascicule libero-lemnoase colaterale (fig. 269, f. col), iar în zona centrală a măduvei mai multe fascicule leptocentrice (fig. 269, f. conc).

Structura tulpinilor acvatice se caracterizează prin lipsa stomatelor din epidermă, prin prezența în acest strat a cloroplastelor, prin mari lacune cu aer situate în scoarță și printr-o reducere foarte accentuată a grosimii cilindrilor centrali în raport cu aceea a scoarței (fig. 270). În acest cilindru central, partea lemnoasă a fasciculelor se poate reduce la două vase, la unul singur, sau poate să nu prezinte nici un vas (*Ceratophyllum submersum*), deoarece conducerea sevei brute se face foarte ușor, întreaga plantă fiind scufundată în apă.

Structura tulpinii plantelor suculente (*Cactaceae*, *Crassulaceae*, *Euphorbiaeae* etc.) a fost prezentată mai înainte (v. fig. 238).

Structura tulpinii columnare a palmierilor, deși poate atinge grosimi apreciabile (pînă la 0,50 m la curmal), este totuși o structură primară. Pe o secțiune transversală prin stip se observă o figură foarte asemănătoare

cu aceea de porumb (v. fig. 267). Ca și la porumb, sub o scoarță subțire, dar lignificată, formată în bună parte din bazele uscate ale pețiolurilor frunzelor căzute, se găsește un parenchim fundamental foarte dezvoltat, în care stau împrăștiat un număr foarte mare (pînă la 100) de fascicule libero-lemnoase de tip colateral-închis, fiecare fiind complet înconjurat de un cilindru gros de sclerenchim. Spre periferia tulpinii, fasciculele sînt

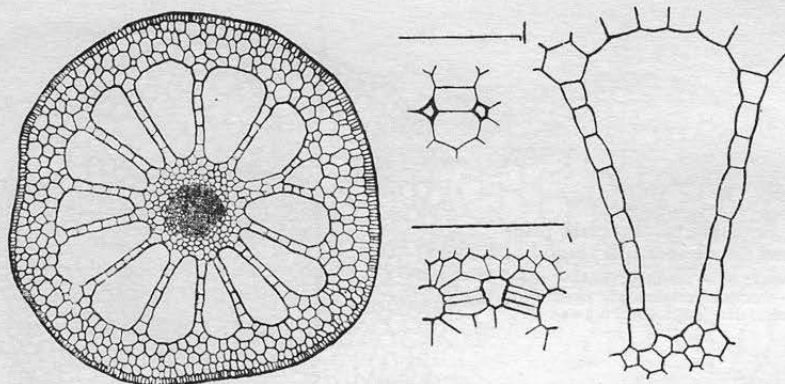


Fig. 270. Secțiune transversală printr-o tulpină acvatică de *Myriophyllum* (după Troll).

mai numeroase și mai mici, spre centru ele sînt mai rare și mai groase. Scoarța sclerificată și cilindrii de sclerenchim din jurul fiecărui fascicul permit tulpinii de palmier să poată susține buchetul de frunze enorme din vârful acestora și greutatea apreciabilă a fructelor.

Mersul fasciculelor în tulpină.

Urme foliare și lacune foliare.

Structura nodurilor

Drumul pe care-l urmează fasciculele libero-lemnoase în internodiile tulpinii și modul cum se comportă ele la nivelul nodurilor este foarte variabil și caracteristic pentru fiecare specie de plantă.

Putem pune în evidență acest mers al fasciculelor prin următoarele metode :

— Tratănd o tulpină tînără cu KOH concentrat, acesta face transparente țesuturile exterioare ale tulpinii și permite observarea mersului fasciculelor. Dacă în prealabil se injectează un colorant în colorant în fasciculele tulpinii, observarea acestora este mai ușoară și mai clară.

— Executînd o serie continuă de secțiuni transversale începînd de la baza unui internodiu pînă deasupra nodului imediat următor, colorînd secțiunile și urmărindu-le la microscop, dacă se notează numărul, dimensiunile și poziția fasciculelor din fiecare preparat al seriei, se poate reconstitui drumul urmat de către acestea atît în internodiu cît și în nod.

Combinînd aceste metode cu observarea dezvoltării ontogenetice a fasciculelor în axa hipocotilă, cotiledoane, vîrful vegetativ al mugurașului și în primele frunze ale plantulei, s-a ajuns să se lămurească această complicată problemă. Dintre numeroasele rezultate obținute pe aceste căi vom enumera numai pe cele mai importante.

1. Contrar unor păreri ale anatomiștilor mai vechi (De Bary ș.a.) care susțineau că în tulpină ar exista două categorii de fascicule unele *caulinare*, proprii tulpinii și altele *foliare*, care merg la frunze, cercetări numeroase au dovedit că tulpinile nu au fascicule proprii, ci numai fascicule provenind din frunze. Acele fascicule care se termină în tulpină înainte de a atinge vîrful acesteia și fără să intre în frunze, corespund de fapt unor organe foliare care s-au atrofiat, fără ca prin aceasta să fi fost împiedicată diferențierea lor vasculară (E. Boura u).

2. Într-o secțiune longitudinală prin vîrful vegetativ al tulpinii se observă că cele dintîi vase apar în limbul primordiilor de frunze, și se continuă în jos cu fasciculele caulinare care se diferențiază mai tîrziu. Această diferențiere se continuă în tulpină bazipetal și discontinuu, din nod în nod. Întreg aparatul vascular al tulpinii rezultă din însumarea fasciculelor fiecărei frunze. Apărînd o nouă frunză la un nod, sistemului vascular mai vechi al tulpinii i se adaugă și fasciculele acesteia. Făcînd secțiuni transversale prin ultimul internod al axei epicotile de dovleac, F. Pellissier a găsit: trei fascicule în momentul apariției primei frunze normale, cinci fascicule cînd apare frunza a doua, opt fascicule cînd apare cea de-a treia, zece fascicule, dispuse pe două cercuri de cîte cinci, în momentul apariției frunzei a patra.

3. La o depărtare ceva mai mare de vîrful vegetativ, sistemul vascular al tulpinii și frunzelor este deja diferențiat și fasciculele frunzei se continuă cu cele ale tulpinii. Se numește *urmă foliară* partea de fascicul care ține de la cilindrul central al tulpinii pînă la baza frunzei, iar locul din cilindrul central pe unde iese urma foliară poartă numele de *lacună foliară*. Într-o urmă foliară pot intra una (*Thuja*, *Abies*, *Dianthus*), două (*Labiateae*), trei (*Clematis*) sau mai multe (*Umbelliferae*) fascicule care pleacă din tulpină dintr-o aceeași lacună sau din două-trei lacune. Uneori, mai multe fascicule caulinare se unesc într-unul singur înainte de a pătrunde în frunză.

4. Traiectul urmelor foliare și modul cum acestea se unesc cu fasciculele tulpinii variază. Mai frecvente sînt însă următoarele patru tipuri:

a) Tipul tulpinilor *cu frunze opuse*, ca, de exemplu, *Clematis*. Urmele foliare pătrund în tulpină aproape orizontal și se unesc cu fasciculele caulinare chiar la nivelul nodului la care se inseră frunzele (fig. 271).

b) Tipul tulpinilor *cu frunze alterne*, ca, de exemplu, *Iberis* (fam. *Cruciferae*). Urmele foliare pătrund oblic în cilindrul central al tulpinii și, după ce străbat oblic în jos internodiul următor, se unesc cu fasciculele tulpinii la nodul situat imediat dedesubtul celui la care se inseră frunza (fig. 272).

c) Tipul *Pisum* (mazărea), care se mai întîlnește și la *Lathyrus*, *Begonia* și alte plante, diferă de cel precedent numai prin aceea că urmele foliare

coboară de la nodul la care se inseră frunza pînă la nodul imediat următor nu prin cilindrul central, ci prin parenchimul cortical.

d) Tipul tulpinilor de *monocotiledonate*. Urmele foliare la aceste plante cuprind un număr foarte mare de fascicule, fascicula corespunzînd nervurii

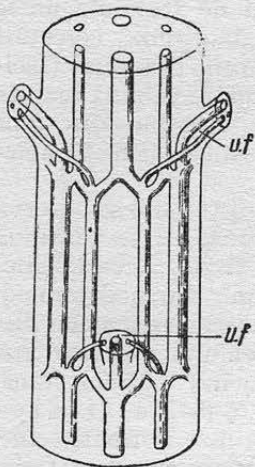


Fig. 271. Mersul urmelor foliare (u.f.) într-o tulpină de *Clematis* cu frunze opuse (după Stocker).

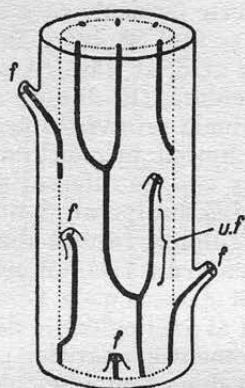


Fig. 272. Mersul urmelor foliare într-o tulpină de *Iberis* cu frunze alterne: u.f. — urme foliare; f. — frunze (după Troll).

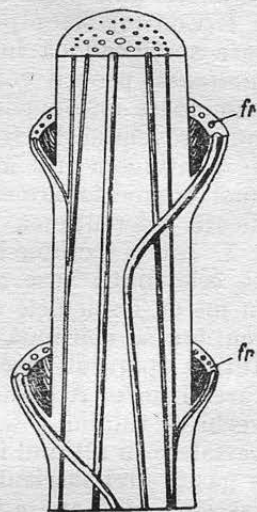


Fig. 273. Urme foliare într-o tulpină de palmier (monocotile): fr — frunze (după Stocker).

principale a frunzei fiind mai groasă. Aceste urme foliare pătrund în tulpină oblic la nodul la care se inseră frunza, fac o curbura mare înspre centrul tulpinii, apoi coboară oblic un interval lung de mai multe internodii, apropiindu-se încetul cu încetul de periferia tulpinii și devenind aproape verticale, după care se unesc cu fasciculele caulinare (fig. 273). Acest fapt ne explică de ce pe o secțiune transversală prin tulpina de monocotiledonate apar fascicule multe și așezate neregulat și de ce fasciculele din centru sînt mai mari.

Indiferent de drumul pe care-l urmează, fasciculele din tulpină și urmele foliare formează în totalitatea lor o unitate continuă, în care circulația sevelor se poate face neîntrerupt, vertical, oblic sau orizontal.

Structura nodurilor. Toate exemplele de structură primară pe care le-am analizat s-au referit la structura internodiilor. Structura nodurilor este cu totul diferită de cea a internodiilor și mult mai complicată decît aceasta. Faptul se datorește prezenței urmelor foliare, numărului acestora, mărimii lor, a direcției pe care o au la nivelul nodului și a raporturilor care se stabilesc aici între diferitele ramuri ale aparatului vascular. După cercetări mai noi, și structura histologică a țesuturilor conducătoare din noduri diferă de cea din internodii. Astfel, traheele se opresc la nod

și, la nivelul acestuia, lemnul este alcătuit numai din traheide. Deasupra nodului, atât fasciculul caular cît și urmele foliare redobîndesc trahee, care se vor întrerupe la nodul următor ș.a. Liberul nodurilor, de asemenea, diferă de cel al internodiilor, fiind format din celule scurte, cu nucleu persistent, pline cu citoplasmă, cu membrane subțiri și fără plăci ciuruite.

Trecerea de la structura rădăcinii la cea a tulpinii

Aceleași metode întrebuintate pentru a urmări mersul fasciculelor libero-lemnoase în tulpină ne permit să studiem și trecerea de la structura rădăcinii la cea a tulpinii.

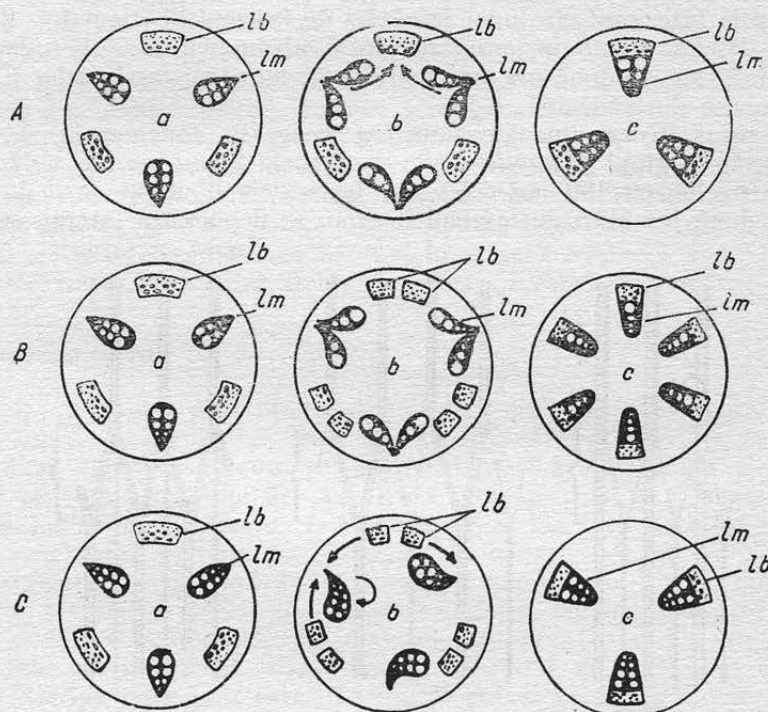


Fig. 274. Reprezentarea schematică a trecerii fasciculelor din rădăcină în tulpină:

A — la *Mirabilis jalapa*; B — la *Cucurbita pepo*; C — la *Pisum sativum*: a — secțiune în rădăcină; b — secțiune în colet; c — secțiune în tulpină; lb — liber; lm — lemn (după Van Tieghem).

Această trecere are loc în colet și ea se face aproape brusc atunci cînd coletul este scurt, ca la ricin, treptat cînd coletul este mai lung, ca, de exemplu, la crucifere.

Observații efectuate asupra plantulelor de diferite specii au arătat că această trecere se realizează după trei tipuri (fig. 274):

1. La tipul *Mirabilis*, dicotiledonată din fam. *Nyctaginaceae*, fasciculele liberiene din rădăcină își continuă drumul neschimbate prin colet. Fasciculele lemnoase însă se dedublează în sens radial. Cele două jumătăți de fascicule se îndepărtează între ele, se unesc două câte două și, după o rotație de 180° , merg și se așază în fața și la interiorul câte unui fascicul liberian, formînd împreună cu acesta câte un fascicul libero-lemnos (fig. 274, A ; fig. 275, a). Numărul total al fasciculelor libero-lemnoase din tulpină este, în acest caz, egal cu numărul fasciculelor liberiene sau lemnoase din rădăcină.

2. La tipul *Cucurbita*, mult mai frecvent la plante decît precedentul, se dedublează atît fasciculele liberiene cît și cele lemnoase, și, după o învîrtire de 180° , fiecare jumătate de fascicul lemnos se deplasează și se așază în fața și la interiorul câte unei jumătăți de fascicul liberian (fig. 274, B ; fig. 275, b). La acest tip, numărul total al fasciculelor libero-lemnoase din tulpină este de două ori mai mare decît numărul fasciculelor liberiene sau lemnoase din rădăcină.

3. La tipul *Pisum* (mazăre, fam. *Leguminosae*), fenomenele se petrec invers decît la tipul *Mirabilis* ; aici fasciculele lemnoase ale rădăcinii se învîrtesc pe loc cu 180° în colet, iar fasciculele liberiene se dedublează. Tot câte două jumătăți de fascicul liberian se deplasează lateral, se unesc

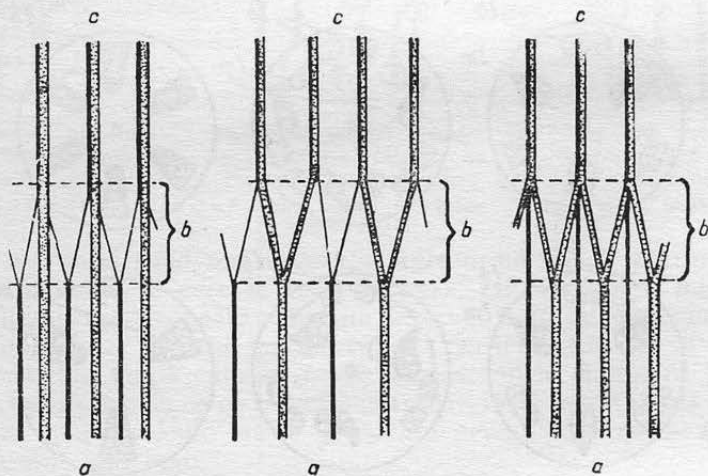


Fig. 275. Reprezentarea schematică a mersului fasciculelor în rădăcină (a), colet (b) și tulpină (c) :

punctat — liberul ; în negru — lemnul (după Belzung).

și se așază la exteriorul câte unui fascicul lemnos (fig. 274, C ; fig. 275, c). Și în acest caz, ca și la tipul 1, numărul fasciculelor libero-lemnoase din tulpină este egal cu numărul fasciculelor liberiene sau lemnoase din rădăcină.

Trecerea de la structura rădăcinii la cea a tulpinii constă deci într-o schimbare progresivă a așezării fasciculelor conducătoare din situația de alternanță, așa cum se găsesc în rădăcină, în cea de suprapunere, formînd

fascicule libero-lemnoase, așa cum se prezintă în tulpină. În realitate, nu se produce nici dedublare, nici torsiunea unor fascicule definitive. Fenomenele acestea nu sînt decît aparente, cauzate de dispariția progresivă a unor elemente conducătoare vechi, pe măsură ce apar altele noi (E. B o u r e a u, 1954).

După opiniile unor botaniști contemporani (E m b e r g e r, C h a d e f a u d), rădăcina reprezintă o axă modificată în cursul filogeniei plantelor și structura ei actuală este ultima expresie a unei evoluții îndelungate. La început, structura organelor subterane era identică cu cea a axelor aeriene. Și astăzi, *Psilotum* și unele specii de *Lycopodium* au tulpini cu structuri arhaice, apropiate de structura rădăcinii (fascicule de tip radial, dispuse în alternanță).

La plantele superioare, cu structură evoluată, așa cum am arătat la organele respective, toate stadiile intermediare dintre structura rădăcinii și cea a tulpinii sînt suprimate, ele au dispărut în cursul dezvoltării filogenetice a acestor plante. La ele, structura rădăcinii cu fascicule alterne se racordează direct cu structura tulpinii cu fascicule suprapuse; rădăcina se inseră pe tulpină „ca un altoi pe port-altoiul său” (E m b e r g e r, 1960). Așa cum se prezintă raporturile de astăzi dintre rădăcina și tulpina plantelor, este ca și cum planta „ar racorda două capete ale unui lanț ale cărui verigi intermediare au dispărut în cursul timpului”. Acest fapt explică complexitatea proceselor de trecere între aceste două organe.

Stereomul tulpinii

Tulpina aeriană a plantelor, mai mult decît oricare alt organ al acestora, este supusă acțiunii unor forțe din mediul exterior (vînturi, furtuni, ploi, grindină, zăpadă), precum și unei mari presiuni columnare, datorită apăsării pe care o exercită asupra ei ramurile, frunzele și fructele prin greutatea lor. Tuturor acestor forțe plantele le fac față datorită stereomului sau scheletului tulpinii lor. Elementele acestui schelet — stereidele — se grupează însă în mod foarte diferit în tulpină, după forța predominantă căreia aceasta urmează să-i reziste: îndoire, turtire, smulgere (tracțiune) sau presiune columnară. În diversele întocmiri speciale ale scheletului plantelor se realizează maximum de efect cu un minimum de material întrebuițat, principiu care-și are aplicații și în tehnică.

Astfel, pentru rezistența la îndoire, în stereomul tulpinilor își găsește aplicație principiul suporturilor în T sau dublu T . Se știe că dacă pe o grindă rezemată pe suporturi la cele două capete se așază o greutate mare în partea ei centrală (fig. 276. A), fața superioară a acesteia va fi supusă unei presiuni, și ca urmare, va deveni concavă și se va scurta, în timp ce fața ei inferioară va fi supusă unei tracțiuni și deci se va întinde și va deveni convexă (fig. 276. B). Forța de tracțiune și cea de presiune se exercită cu maximum de tărie pe cele două fețe ale grinzii, descrescînd treptat spre interior, ajungînd la zero într-un punct din axa acesteia („axa neutră”) (n , fig. 276. B). Dacă secțiunea grinzii are conformația unui dublu T (fig. 276. C), înseamnă că aripile acesteia (a) trebuie să fie construite din material foarte rezistent, în timp ce „inima, ei(*i*) poate fi mai puțin rezistentă. De aceea, grinzile metalice din construcții, șinele de cale ferată etc. se construiesc în T sau dublu T .

Pentru rezistența la îndoire, deci, materialul cel mai rezistent trebuie să fie așezat cât mai la periferie cu putință. Principiul se aplică și la tulpini, la care colenchimul sau sclerenchimul este situat la periferie, alcătuind capetele unui sistem de grinzi în dublu T , iar inima T -ului este alcătuită din

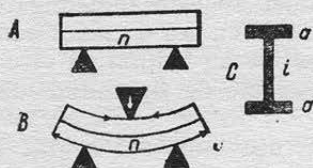


Fig. 276. Aranjarea țesutului mecanic:

A și B — solicitarea unei grinzi la apăsare: întinderea feței convexe și scurtarea feței concave; n — zona neutră; C — grindă metalică în dublu T ; a — aripi; i — inima (după Strasburger).

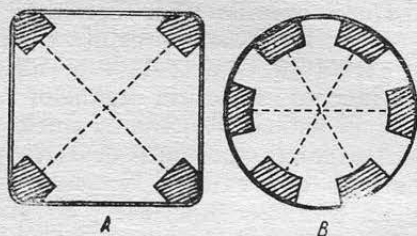


Fig. 277. Schema așezării stereomului tulpinii după principiul grinzilor metalice în dublu T :

A — la labiate; B — la graminee (după Haberlandt).

parenchimuri sau chiar poate lipsi, porțiunea respectivă nefiind solicitată. Figura schematică 277 arată că stereomul tulpinilor cu secțiunea pătratică (*Labiales*) poate fi considerat format din două grinzi în dublu T , pe când cel al tulpinilor cilindrice (*Gramineae*) necesită trei sau mai multe asemenea grinzi. Prin faptul că un cilindru este gol înăuntru, el nu pierde din rezistență la îndoire, dacă pereții lui sînt întăriți cu material rezistent dispus în dublu T . Principiul își are aplicație și la construcția coșurilor de fabrici (fig. 278).

Pentru a rezista la turtiri, tulpinile au nevoie de un cilindru continuu de stereom periferic (cazul multor rizomi).

Pentru a rezista la tracțiune (smulgere) rădăcinile, ramurile care atîrnă în jos, unele tulpini plutitoare trebuie să aibă stereomul dispus sub forma unui cablu gros, central, la a cărui alcătuire, pe lângă stereide, participă și vasele lemnoase, cu pereții îngroșați.

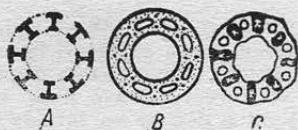


Fig. 278. Dispoziția materialului pentru rezistența la îndoire:

A — cilindru gol, ai cărui pereți sînt întăriți cu grinzi în dublu T ; B — coș de fabrică a cărui armătură constă din opt perechi de șine în dublu T ; C — tulpina unor monocotiledonate cu întărituri dispuse în același mod (după Strasburger).

Contrar părerilor unor anatomici mai vechi, ca Schwendener, Haberlandt și alții, după care numai stereomul plantelor ar asigura rezistența acestora, acționînd independent de celelalte țesuturi, anatomistul sovietic Razdorski consideră, pe bună dreptate, că toate țesuturile tulpinii

reprezintă materialul de construcție al plantei, fiecare țesut participând la rezistența totală a acesteia. Corpul plantelor, după Razdorski, poate fi comparat în arhitectonică cu o construcție de beton armat, în care armătura metalică (scheletul sau carcasa) este reprezentată prin stereom, iar materialul de umplutură (cimentul) îl formează parenchimul fundamental și toate celelalte țesuturi, în a căror orînduire se oglindesc foarte clar principiile tehnicii rezistenței.

Spre deosebire de cele mai perfecte construcții mecanice însă, corpul plantelor este o construcție vie, care, pe lîngă rezistență, trebuie să fie adaptat și la îndeplinirea complexelor și variatelor nevoi fiziologice ale acestora, care se schimbă mereu, în funcție de factorii mediului, de vîrstă și de alți factori interni.

Creșterea în grosime a tulpinii primare

Tulpinile plantelor ierboase lipsite de zone generatoare și chiar tulpinile lemnoase ale palmierilor nu sînt capabile de îngroșare secundară. Totuși, diferența între diametrul unei tinere plantule de porumb sau de palmier și diametrul aceluiași tulpini ajunse în stare adultă este apreciabilă. Aceasta înseamnă că și tulpinile cu structură primară sînt capabile de creștere în grosime.

Această creștere primară în grosime a tulpinii însă se deosebește în mod esențial de îngroșarea secundară a aceluiași organ prin două caracteristici:

a) îngroșarea primară a tulpinii nu se face prin adăugarea de țesuturi secundare peste cele primare;

b) îngroșarea primară a tulpinii este limitată; ea se oprește de îndată ce planta și-a atins dimensiunile-i caracteristice, în timp ce creșterea secundară în grosime este nelimitată.

La monocotiledonate, unde fenomenul îngroșării primare este mai important, el se explică prin apariția și activitatea temporală a unei mantale meristematice între tunica și corpus, situată sub vîrfurile vegetative, care prin diviziuni periclinale continue dă naștere unor șiruri de celule, care, la rîndul lor, se divid anticlinal și periclinal, numărul celulelor crescînd pe măsură ce se îndepărtează de vîrf.

Ajunse în zona creșterii prin întindere, toate celulele meristematice își măresc considerabil nu numai lungimea, ci și celelalte două diametre.

Realizarea îngroșării primare a tulpinilor se face deci în ultimă instanță prin creșterea numărului celulelor și prin mărirea diametrelor acestora.

Structura tulpinii de la pteridofite. În vasta încrengătură a pteridofitelor se întîlnesc plante ale căror tulpini au o structură mult inferioară celei a fanerogamelor. Astfel, la unele specii actuale de ferigi, de exemplu la *Trichomanes alatum*, cilindrul central al rizomilor se găsește în stadiu de protostel, la *Psilotum triquetrum* (licopodiaceu tropical) în acela de actinostel, la feriga de apă (*Marsilia quadrifolia*) în stadiu de sifonostel; la altele (*Pteris*), cilindrul central este un dictyostel.

Dispoziția radială a fasciculelor de vase, excepțional de rară la cormofite, se găsește frecvent la ferigi. În acest caz, și lemnul se dezvoltă centripet, ca în rădăcinile fanerogamelor. De asemenea, polistelia este un fenomen răspândit la pteridofite (*Pteris*, *Dryopteris filix-mas*, *Equisetum*, multe specii de *Lycopodium* etc.). Tulpinile celor mai multe pteridofite prezintă o structură asimetrică.

Cît despre tulpina *briofitelor* sau a mușchilor, ea are structura cea mai simplă, caracterizată în esență prin lipsa oricăror elemente lemnoase.

Diferențierea istorică a tulpinii ca organ aerian

Din punct de vedere filogenetic, primul organ al cormofitelor care s-a diferențiat morfologic și anatomic a fost o *axă fundamentală*, pe care O. Lignier a numit-o *cauloid*¹, iar W. Zimmermann, *telom*². Cel dintîi telom s-a ridicat în aer de pe un rizom primordial orizontal (P. Berrtrand), cu creștere în lungime nedefinită și cu posibilitatea de a se ramifica. Rădăcina și frunzele sînt modificări ale axei fundamentale, care s-au diferențiat în decursul filogeniei și care se deosebesc de axă, în esență, numai din punct de vedere fiziologic.

Care a fost primul cormofit cu tulpină nu se poate preciza încă, din lipsă de documente paleobotanice. Pare însă sigur că acesta n-a fost *Rhynia* (criptogamă vasculară din clasa psilofitelor, care a trăit în devonianul inferior), așa cum se credea pînă prin anul 1940. Aceasta, pe de o parte, deoarece se cunosc astăzi cormofite mai vechi, din cambrian (*Aldanophyton*) și silurian (*Baragwanatia*), iar pe de altă parte s-a dovedit că *rinialele* nu erau plante original primitive, ci unele care au suferit un regres.

Primul organ în formă de tulpină s-a individualizat printr-un proces încă necunoscut și s-a diversificat mai ales în raport cu funcția sa de a purta frunze. Premergătoarele cormofitelor au fost fără îndoială algele. Într-adevăr, multe alge roșii, ca, de exemplu, *Delesseria* au un tal cu „axe” și „frunze” și cu un „trunchi” care poate trăi mai mulți ani. Port analog cu cormofitele au și unele alge brune, ca *Fucus*, *Laminaria* etc., ultima avînd și celule alungite cu plăci ciuruite, precursorile primelor vase liberiene. Să mai semnalăm faptul că talul multor alge crește prin activitatea uneia sau mai multor celule inițiale și că talul lor prezintă toate tipurile de ramificație care se întîlnesc la fanerogame. De altfel, corpul vascularizat al plantelor vasculare siluriene și devoniene constituie proba originii talice a plantelor superioare.

¹ De la latin. *caulis* = tulpină și grec. *eidos* = formă.

² De la grec. *telos* = sfîrșit, terminație.

Structura secundară a tulpinii

Tulpinile gimnospermelor, ale dicotiledonatelor lemnoase și cele ale pușinelor monocotiledonate lemnoase cresc an de an, își măresc numărul ramurilor și al frunzelor. Ca urmare, țesuturile tulpinii care rezultă din meristemul terminal al acesteia nu mai sînt suficiente pentru îndeplinirea rolului de conducere și susținere. Tulpina trebuie să-și mărească diametrul, și acest fapt se realizează prin apariția și funcționarea unor meristeme secundare. Creșterea diametrului tulpinii face să-i crape epiderma și scoarța primară, țesuturi care nu-și mai pot îndeplini funcțiunile în noile condiții și care, vor fi înlocuite cu alte țesuturi noi, secundare, născute dintr-un alt meristem secundar. În felul acesta, peste țesuturile primare ale tulpinii se depun alte țesuturi secundare, iar fosta structură primară a acesteia este înlocuită cu una nouă, structura secundară.

Caracteristicile principale ale structurii secundare a tulpinii sînt următoarele :

1. Țesuturile secundare ale acesteia iau naștere din două meristeme secundare, **cambiul** și **felogenul** numite și *zone generatoare*.

2. Meristemele secundare amintite nu mai iau naștere din celule inițiale ale vârfului și nu sînt situate în vîrfurile vegetative. Ele provin din foste parenchimuri definitive care-și redobîndesc proprietatea de a se divide, și au o poziție laterală față de axa tulpinii.

3. Dată fiind forma de cilindri a meristemelor secundare, formă care pe secțiune transversală apare ca un inel, țesuturile secundare născute din aceste meristeme nu vor mai fi așezate în fascicule, ci în pături compacte, ca niște manșoane continue, concentrice.

4. În compoziția histologică a lemnului și liberului secundar se întîlnesc toate felurile de celule caracteristice pentru țesuturile conducătoare.

Întrucît țesuturile secundare sînt produse de cambiu și de felogen, vom analiza activitatea acestor meristeme secundare.

Cambiul sau zona generatoare libero-lemnoasă are o poziție foarte precisă în tulpină, fiind situat totdeauna în cilindrul central, între partea liberiană și cea lemnoasă a fasciculelor libero-lemnoase primare, întretinînd și razele medulare primare.

După modul în care apare cambiu, tulpinile plantelor se pot împărți în trei categorii :

a) La cele mai multe dicotiledonate lemnoase și la gimnosperme, procambiul din conul vegetativ are o formă cilindrică, apărînd pe secțiune transversală în formă de inel procambial continuu. Acest procambiu dă spre exterior pături de metafloem și spre interior metaxilem, ambele țesuturi fiind străbătute în sens radial de formațiuni medulare. În aceste cazuri este greu de stabilit unde se termină structura primară și unde începe cea secundară, cele două meristeme comportîndu-se în același mod.

b) La alte dicotiledonate, ca, de exemplu, la *Aristolochia*, *Clematis*, floarea-soarelui etc., procambiul din conul vegetativ nu apare ca un inel

continuu, ci ca niște arcuiri situate în cadrul fasciculelor, formînd cambiul fascicular (v. fig. 265 și 266) și numai după ce va apare cambiul interfascicular (v. fig. 265 și 266), acesta se va uni cu arcurile amintite și se va ajunge la un inel cambial continuu.

c) Tulpinile cu fascicule libero-lemnoase bicolaterale (*Solaneae*, *Cucurbitaceae*, *Myrtaceae* etc.) au un inel de cambiu suplimentar situat în partea internă a lemnului primar, care va produce spre interior liberul perimedular. Așa se îngroașă, de exemplu, tuberculul de cartof, a cărui parte centrală este formată în mod predominant din parenchim liberian secundar, perimedular.

Indiferent de modul cum ia naștere, în cele din urmă cambiul ajunge să formeze un cilindru închis, format dintr-un singur strat de celule.

Celulele cambiului sînt lungi, prozenchimatice, de formă prismatică-turtită, foarte complicată. Schematic și mult simplificată, forma celulelor cambiale se poate vedea în figura 279. Celulele cambiului sînt vii și foarte

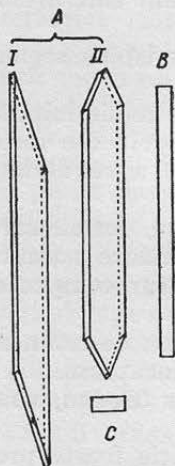


Fig. 279. Înfățișarea schematică a formei celulelor cambiale :

A(I-II) — secțiune longitudinal-tangentială ;
B — secțiune longitudinală radială ; C — secțiune transversală (după Strasburger).

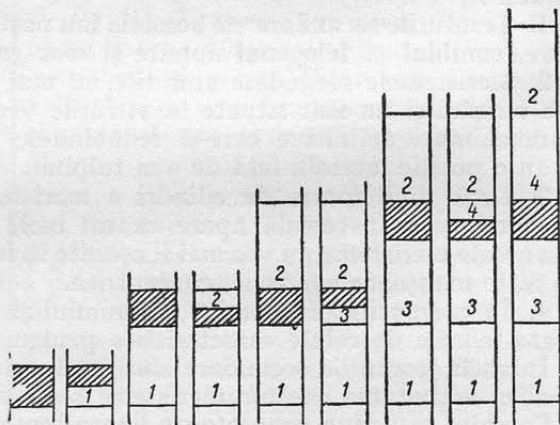


Fig. 280. Schema succesiunii diviziunilor unei celule cambiale (hașurată) :

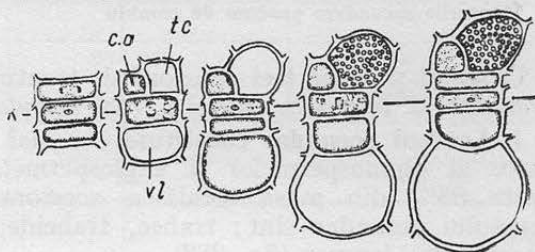
1, 3 — lemn secundar ; 2, 4 — liber secundar (după Ullrich).

active. Ele cresc în sens radial și se divid în sens tangențial, dînd celule-fiice atît spre interior cît și spre exterior (fig. 280), dar nu în proporții riguros exacte, ci, la gimnosperme, aproximativ la trei celule interne se naște o celulă externă, iar la angiosperme proporția este aproximativ de 10:1. Deoarece cambiul produce țesuturi secundare și spre interior, ca urmare a propriei sale activități, el este împins tot mai la periferie. Celulele-fiice

născute din cambiu apar pe secțiune transversală ca niște șiruri regulate dispuse radial, cele mai tinere dintre ele fiind în contact nemijlocit cu cambiu; celelalte sînt cu atît mai departe de acesta cu cît s-au născut mai demult. Noile celule au la început caracter meristematic și sînt toate la fel. Foarte curînd însă se diferențiază, cele de la exterior transformîndu-se

Fig. 281. Diferențierea celulelor născute din cambiu în liber secundar și lemn secundar:

K — celulă cambială; *c.a.* — celulă anexă
tc — tub ciuruit; *vl* — vas lemnos (după Strasburger).



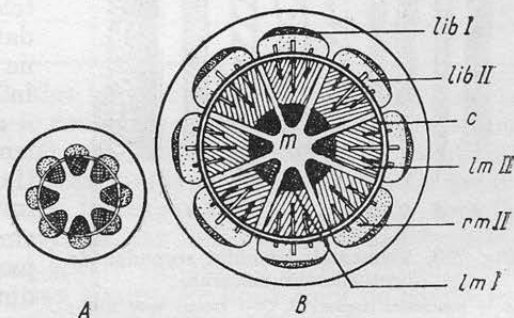
în elemente constitutive ale țesutului liberian, iar cele de la interior devenind componente ale lemnului (fig. 281). În decursul diferențierii celulare, unele celule născute din cambiu, în special din porțiunile acestuia situate în dreptul fostelor raze medulare primare, rămîn parenchimatic, cu pereții celulozici, alungite în direcție radială și care vor forma raze medulare secundare.

Pentru a-și putea mări circumferința și a ține pasul cu creșterea în grosime a tulpinii, celulele cambului se divid din timp în timp și în sens radial, noile celule înfigîndu-se printre cele vechi și păstrîndu-și caracterul meristematic. Acest fenomen poartă numele de *dilatația cambului*.

Celulele cambului rămîn vii în tot cursul vieții plantelor, activitatea lor însă se desfășoară cu intermitențe. În zona climatică temperată, activitatea cambului începe primăvara și se oprește toamna. Producînd an

Fig. 282. Îngroșarea secundară a unei tulpini de dicotiledonate (schematic):

A — structura primară cu inelul de cambiu;
B — structura secundară; *lib I* — liber primar;
lib II — liber secundar; *c* — cambiu; *lm II* — lemn secundar;
lm I — lemn primar;
rm II — raze medulare secundare; *m* — măduvă (după Troll).



de an manșoane de țesuturi secundare care se suprapun peste cele primare sau se intercalează între acestea, cambiu desființează fosta structură primară a cilindrului central și o înlocuiește cu o structură secundară caracteristică. Partea lemnoasă a fostelor fascicule libero-lemnoase este împinsă tot mai spre interiorul tulpinii, iar partea liberiană a acestora este presată în afară și adesea distrusă (fig. 282). Cu trecerea anilor și adăugarea

tot mai multor manșoane de lemn secundar și liber secundar născute din cambiu, nu mai rămîne nici urmă de structură primară în tulpină.

Țesuturile secundare produse de cambiu

Cambiu produce trei categorii de țesuturi secundare, și anume: 1. *lemn secundar*, 2. *liber secundar* și 3. *raze medulare secundare*.

1. **Lemnul secundar** constituie cea mai mare parte din aparatul vegetativ al gimnospermelor și angiospermelor arborescente, putînd atinge peste 95% din masa totală a acestora. Elementele constitutive ale lemnului secundar sînt: trahee, traheide, fibre lemnoase (libriforme) și parenchim lemnos (fig. 283).

Raportul cantitativ dintre aceste elemente histologice variază foarte mult de la specie la specie, iar la una și aceeași plantă variază în funcție de o serie de factori, cum sînt: condițiile de mediu în care trăiește planta, vîrsta, nivelul tulpinii la care se face analiza etc.

Tabelul 6 ne permite să ne facem o idee despre proporția cu care contribuie diferitele elemente ale lemnului secundar la formarea acestuia, exprimate în procente din volumul său total, în cazul unui conifer (*Pinus*) și a unui arbore foios (*Quercus*).

Detalii relativ la structura elementelor țesutului lemnos în general sînt date la histologie. În cele ce urmează, ne vom limita la unele date privind în special lemnul secundar.

a) *Traheele* se găsesc numai în lemnul dicotiledonatelor. Ele sînt de tip punctat, cu punctuațiuni areolate între vase sau între vase și fibre, simple sau semiareolate între vase și parenchim, mai rar reticulate (*H, I* din fig. 283), și servesc la conducerea sevei brute. Forma traheelor poate fi cilindrică, umflată la mijloc (ca un butoi) sau prismatică. Secțiunea lor

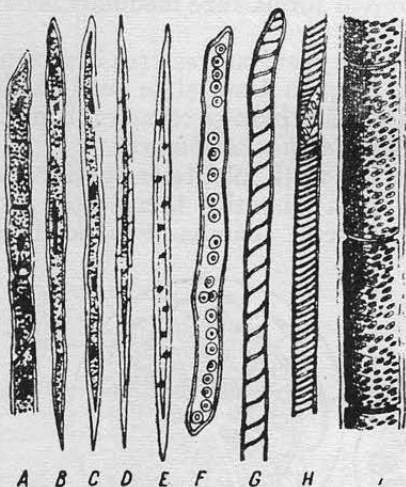


Fig. 283. Elementele lemnului secundar de dicotiledonate macerate:

A — parenchim lemnos; B, C — treceri spre fibre; D — fibră lemnoasă; E — fibră traheidală; F — traheidă cu punctuațiuni areolate; G — traheidă spiralată; H, I — trahee (după Strasburger).

transversală în formă de cerc sau de poligon se numește *por*. Lungimea traheelor variază cu specia, iar lărgimea lor este mai mare în lemnul timpuriu decît în cel tîrziu. Proporția de trahee din lemnul foioaselor variază între 7% și 43%, după cum se poate vedea în tabelul 7.

Tabelul 6

Proporția diferitelor elemente ale lemnului secundar, în procente din volumul total al acestuia (după V a n i n)

Elemente	Pinus	Quercus
Trahee	—	20%
Traheide	90—92%	—
Fibre lemnoase	—	49%
Parenchim lemnos	1,5%	13%
Parenchim al razelor medulare	7%	18%

Tabelul 7

Proporția de trahee din lemnul foioaselor (după V a n i n)

Numele speciei	Proporția de vase (trahee), exprimată în % din volumul lemnului
<i>Quercus pedunculata</i> (stejar)	39,5
<i>Fraxinus excelsior</i> (frasin)	12,1
<i>Castanea sativa</i> (castan)	26,3
<i>Juglans regia</i> (nuc)	12,0
<i>Acer pseudoplatanus</i> (paltin)	6,9
<i>Fagus silvatica</i> (fag)	31,0
<i>Betula verrucosa</i> (mesteacăn)	24,7
<i>Populus tremula</i> (plop)	26,4
<i>Salix alba</i> (salcie)	43,5

b) *Traheidele* (*F*, *G*, din fig. 283) sînt, după cum se știe elemente unicelulare, de aceea mulți anatomici nu le consideră drept vase. Sînt celule lungi de 2 mm (*Pirus sibirica*), pînă la 10 mm (*Sequoia*), de regulă ascuțite la capete, cu pereții puternic lignificați și cu punctuațiuni areolate. La gimnosperme, traheidele compun aproape întreaga masă lemnoasă, formînd 90—95% din volumul acesteia. Lungimea, dar mai ales lărgimea traheidelor variază cu specia, iar la aceeași specie variază cu vîrsta, condițiile de creștere și felul lemnului (timpuriu sau tîrziu). Pe lîngă rolul de conducere, traheidele au și un important rol mecanic. La gimnosperme, care n-au fibre lemnoase, traheidele constituie singurul lor țesut mecanic. La conifere, în afara masei principale de traheide care sînt dispuse vertical în tulpină, se pot găsi și traheide radiale, dispuse orizontal, înglobate în razele medulare, numite din această cauză și *traheide de rază*. Unele traheide sînt foarte asemănătoare la formă cu fibrele, avînd pereți groși, capete ascuțite și lumen mic (*E*, din fig. 283), înzestrate cu punctuațiuni areolate lenticulare

sau cu deschiderea foarte oblică. Ele se numesc *traheide fibroase* sau *fibro-traheide*.

c) *Fibrele lemnoase* numite și *fibre libriforme* (D, din fig. 283) sînt celule lungi și ascuțite la capete (fusiforme), cu pereții foarte îngroșați și cu lumen mic, aproape liniar, avînd punctuațiuni simple, mici și oblice, în formă de butonieră, mai rar punctuațiuni areolate. Unele fibre au capetele lățite, bifurcate sau dentate, cu care se articulează strîns unele de altele. Lungimea și grosimea fibrelor variază de la o specie la alta, foarte puțin însă în cadrul aceleiași specii. Fibrele lemnoase se găsesc numai în lemnul dicotiledonatelor foioase, unde constituie masa principală a lemnului, putînd trece de 70% din volumul acesteia, după cum se poate vedea în tabelul 8.

Tabelul 8

Proporția de fibre lemnoase în lemnul dicotiledonatelor
(după V a n i n)

Numele speciei	Proporția fibrelor lemnoase în % din volumul lemnului
<i>Quercus pedunculata</i> (stejar)	44,3
<i>Fraxinus excelsior</i> (frasin)	62,1
<i>Castanea sativa</i> (castan)	56,6
<i>Morus alba</i> (dud)	47,7
<i>Juglans regia</i> (nuc)	63,8
<i>Betula verrucosa</i> (mesteacăn)	64,8
<i>Acer platanoides</i> (paltin de cîmp)	75,9
<i>Fagus silvatica</i> (fag)	37,4
<i>Populus tremula</i> (plop)	60,9

Rolul fibrelor lemnoase este acela de a asigura tăria arborelui. Această calitate a lemnului însă nu depinde numai de cantitatea fibrelor, ci și de felul și modul lor de așezare în lemn, mod care variază de la împrăștierea lor uniformă pînă la grupări în formă de benzi, insule etc. La unele specii lemnoase exotice, fibrele pot avea lumenul divizat prin pereți transversali. Acestea se numesc *fibre septate* și pot servi la depozitarea amidonului. La unele specii de la noi (salcîm, dud, etc.), fibrele prezintă o *septare falsă* pereții despărțitori din lumenul lor fiind formați din gume sau rășini depuse aici. Atunci cînd în lumenul fibrei se află celule vii suprapuse (C, din fig. 283) ele fac trecerea spre parenchimul lemnos.

d) *Parenchimul lemnos* (A, B, din fig. 283) se naște din cambiu în mod indirect, și anume, unele celule-fiice produse de cambiu spre interior cresc foarte activ în direcție longitudinală și se divid prin pereți transversali, formînd astfel coloane regulate de celule scurte, suprapuse, care constituie parenchimul lemnos. Este un țesut viu, în care se depun multe substanțe de rezervă, în special amidon și ulei. Aceste substanțe vor fi hidrolizate

primăvara de către fermenți și dirijate spre mugurii ce se deschid sau spre cambiumul care își reia activitatea. Pereții celulelor parenchimului lemnos sînt celulozici sau ușor lignificați, și prezintă punctuațiuni, a căror formă variază după felul celulelor cu care acestea se mărginesc. Astfel, între două celule parenchimatice vecine, există punctuațiuni simple; între o celulă parenchimatică și un vas, punctuațiunile sînt areolate, iar între celulele parenchimatice și fibre, membranele primelor sînt lipite de punctuațiuni.

La unele specii de foioase de la noi (tei, mesteacăn, salcîm etc.) lemnul prezintă, în afara parenchimului lemnos obișnuit, niște celule fusiforme, asemănătoare ca formă cu fibrele, dar vii și cu pereți subțiri, cu lumenul adesea septat. Ele constituie *parenchimul lemnos fusiform* de la acele specii, răspîndit și la arbuști.

Proporția de parenchim lemnos din tulpinile arborilor nu este prea mare: 1—2% la gimnosperme, 2—15% la arborii foioși. Dispoziția parenchimului lemnos în lemnul secundar al arborilor foioși variază după specie. Se poate distinge un parenchim *difuz*, cînd elementele sale sînt mai mult sau mai puțin uniform răspîndite în masa lemnului, un parenchim *metatraheal* ale cărui celule se concentrează mai ales între vase pe care le înglobează și le legă între ele, și un parenchim *paratraheal* sau *vasicentric* care formează teci continue sau întrerupte în jurul vaselor.

În parenchimul lemnos al multor rășinoase se pot găsi canale rezinifere; la alte specii, acest țesut poate adăposti laticifere (*Carica papaya*).

În afara parenchimului lemnos analizat mai înainte, tot în masa lemnului secundar se află înglobat și *parenchimul de rază*, care alcătuiește porțiunea de lemn a razelor medulare secundare și care, în afara faptului că celulele sale au o așezare radială, diferă de parenchimul lemnos numai prin posibilitatea lui de a include și traheide.

2. Liberul secundar se naște, de asemenea, din cambiu, și anume din celulele pe care acesta le produce pe fața lui exterioară.

Deoarece abia la 10 celule interne apare una la exterior, manșonul de liber depus de cambiu în decurs de un an este neînsemnat. La aceasta mai contribuie și faptul că elementele liberiene născute într-un an din cambiu nu-și termină diferențierea decît în anul următor, precum și acela că după o perioadă scurtă de funcționare (1—2 ani) vasele liberiene mor și sînt turtite și strivite de altele mai noi. Pentru toate aceste motive, deși liberul secundar este dispus nu în fascicule, ci în manșoane cilindrice continue, în el nu se pot distinge inele anuale. Proporția de liber secundar, împreună cu scoarța secundară născută din felogen, abia formează 7% pînă la 30% din volumul arborilor. Aceste țesuturi de origine diferită sînt adesea numite împreună *coajă*.

Din punct de vedere histologic, liberul secundar este format din patru feluri de celule, și anume: tuburi ciuruite, celule anexe, parenchim liberian și fibre liberiene.

a) *Tuburile ciuruite* sau *vasele liberiene* sînt singurele elemente conducătoare ale liberului, prin care circulă seva elaborată. Ele sînt celule vii, scurte

dar largi, cu pereți subțiri și celulozici, cei terminali fiind de regulă foarte oblici și cu plăci ciuruite multiple (fig. 284 și 285).

b) *Celulele anexe* (c.a. din fig. 284 și 285) sînt prezente numai în liberul angiospermelor. Ele sînt „surori” cu tuburile ciuruite și probabil reprezintă pentru plantă o rezervă potențială de elemente conducătoare, putîndu-se transforma, la nevoie, în tuburi ciuruite.

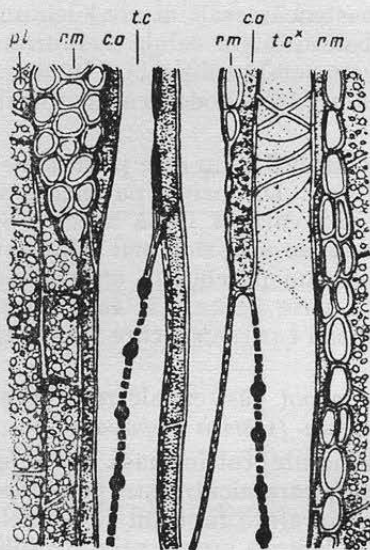


Fig. 284. Secțiune longitudinal-tangentială prin liberul secundar de *Betula pendula*:

pl — parenchim lemnos; r.m — rază medulară; c.a — celulă anexă; t.c — tub ciuruit; t.c^x — tub ciuruit secționat oblic (după Huber).

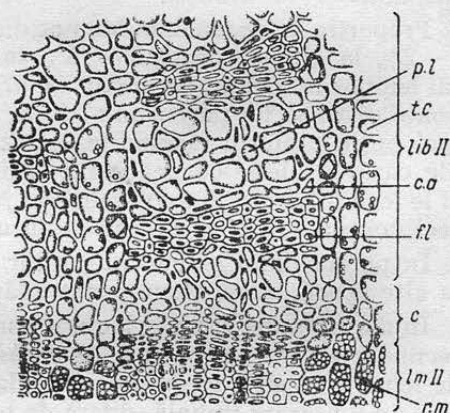


Fig. 285. Secțiune transversală prin liberul unei ramuri de *Vitis vinifera*:

pl — parenchim liberian; t.c — țesut conducător; lib II — liber secundar; c.a — celule anexe; fl — fibre librariene; c — cambiu; lm II — lemn secundar; r.m — raze medulare (după Strasburger).

c) *Parenchimul liberian* (pl din fig. 285) nu se deosebește de cel lemnos nici ca formă, nici ca funcțiuni. El este reprezentat prin șiruri regulate de celule parenchimatică, născute din cambiu, vii, cu pereți subțiri, cel mai adesea nelignificați, pline cu materii de rezervă.

Proporția de parenchim liberian, precum și modul în care este dispus printre celelalte elemente ale liberului variază după specia de plante (fig. 285).

d) *Fibrele librariene secundare* (fl. din fig. 285) sînt fusiforme, cu pereții foarte îngroșați și lignificați, cu punctuațiuni simple, rare și oblice, cu un lumen foarte strîmt; ele au un rol mecanic.

La unele esențe lemnoase (tei, dud), țesutul mecanic din liber este format numai din fibre; la altele (stejar, frasin), alături de fibre se găsesc și sclereide, izolate sau în grupuri, în timp ce la fag și molid se găsesc numai

sclereide. Și mai rare sînt cazurile de arbori cu totul lipsiți de țesut mecanic în liber (pin, dafin).

În liberul secundar al unor plante se pot găsi celule secretoare (*Lauraceae*), canale secretoare (*Umbelliferae*) sau laticifere (*Moraceae*, *Euphorbiaceae* etc.).

Liberul format numai din elemente vii poartă numele de *liber moale*; cel care are și fibre sau sclereide se numește *liber tare*.

3. Razele medulare secundare constituie un sistem de celule născute din cambiu și dispuse sub forma unor benzi radiale, care servesc la conducerea gazelor și apei în sens transversal prin tulpină, precum și la depozitarea substanțelor de rezervă.

Razele medulare secundare se nasc din cambiu, mai ales din porțiunea interfasciculară a acestuia. Ele se întind pe direcție radială de la măduvă sau de la cambiu pînă în scoarța secundară, fiecare rază avînd o porțiune *intralemnosă* și una *intraliberiană*, care se continuă fără întrerupere.

Din punct de vedere histologic, razele medulare secundare sînt formate din celule parenchimatică, dreptunghiulare, alungite în direcția razei tulpinii. Celulele sînt vii, cu pereții ușor lignificați și cu spații intercelulare, care, prin lenticile, comunică cu mediul exterior. În razele medulare ale coniferelor însă se pot găsi traheide sau alte celule nevii.

Razele medulare secundare au următoarele caracteristici dimensionale: *lungimea*, care se măsoară în direcție radială pe secțiunea transversală prin tulpină; *lățimea* sau *grosimea* se măsoară în direcție tangențială și se vede în secțiunile longitudinal-tangențiale prin lemn; *înălțimea*, care se măsoară în direcție longitudinală și apare clar în secțiunile longitudinal-radiale.

Pe o secțiune transversală prin tulpină, razele medulare apar ca niște linii înguste, vizibile cu ochiul liber, care străbat radial masa lemnoasă, de care se deosebesc prin culoare și luciu (fig. 286); pe secțiune longitudinal-radială, ele apar ca niște benzi sau panglici care străbat transversal tulpina, iar pe o secțiune longitudinal-tangențială (care cade perpendicular pe lungimea lor) razele medulare apar ca niște linii scurte, fie drepte, fie mai umflate la mijloc, lenticulare (fig. 287). Acest aspect al razelor medulare pe diferite secțiuni, împreună cu aspectul inelelor anuale dau „desenele” variate ale lemnului și permit recunoașterea acestuia.

După lățime, razele medulare secundare pot fi: *înguste*, ca la rășinoase, plop, mestecan etc. și *late*, ca la fag, stejar etc. Carpenul, arinul și alunul au raze medulare late născute prin alăturarea mai multor raze înguste. Astfel de raze medulare se numesc *compuse*. Dacă lățimea razelor medulare constă dintr-un singur rînd de celule, acestea se numesc *uniseriata*, cum sînt, mai ales, razele rășinoaselor, iar cînd lățimea lor este formată din mai multe șiruri, ele se numesc *pluriseriate*, așa cum se întîlnesc, mai ales, la copacii foioși.

Înălțimea razelor medulare variază foarte mult cu specia; cele mai înalte raze le are carpenul, pînă la 160 mm, iar cele mai scunde le are *Buxus*, de 0,2 mm.

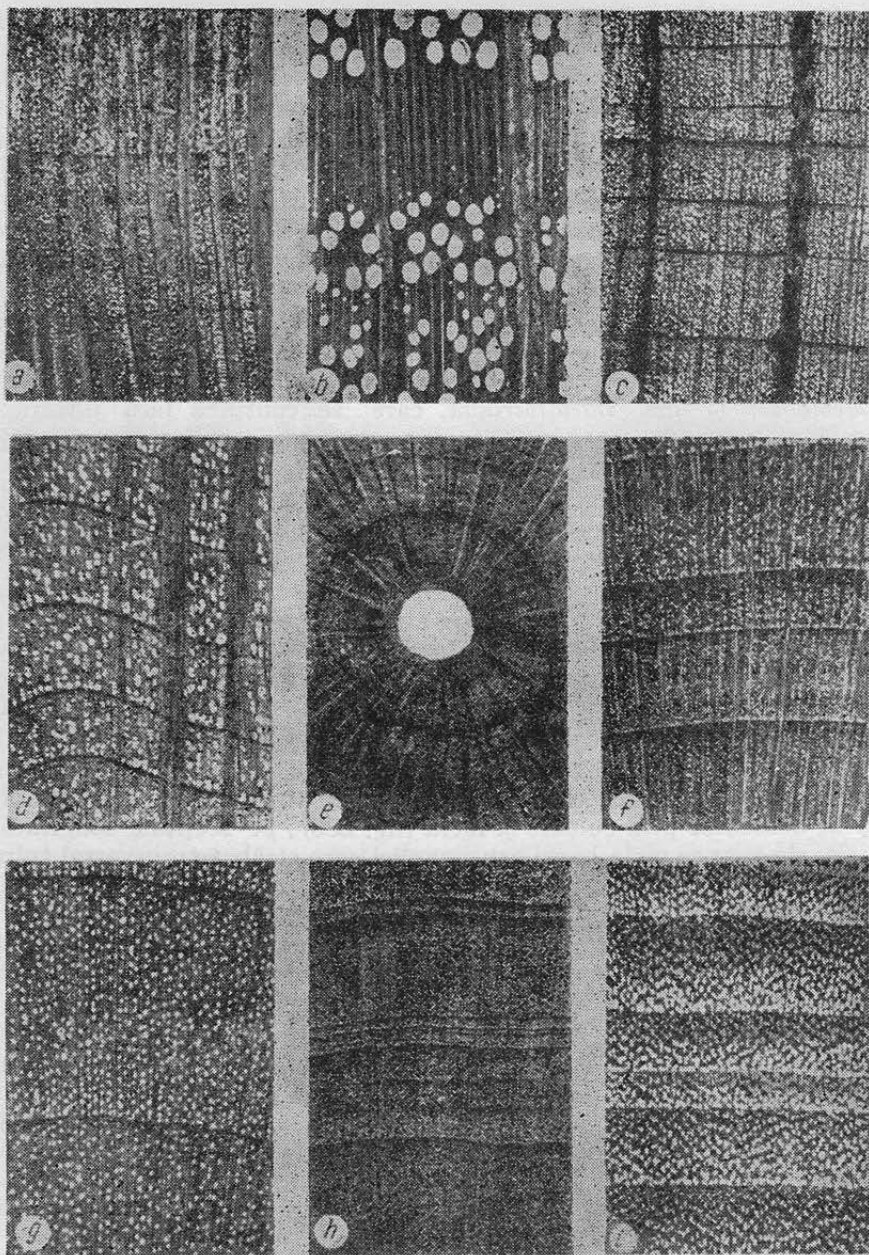


Fig. 286. Raze medulare în secțiune transversală:

a — la platan; *b* — la stejarul roșu american; *c* — la fag; *d* — la cărpiniță; *e* — la coacăz de munte;
f — la tei; *g* — la călin; *h* — la salbă moale; *i* — la plop negru (după Gheimeziu și Suciu).

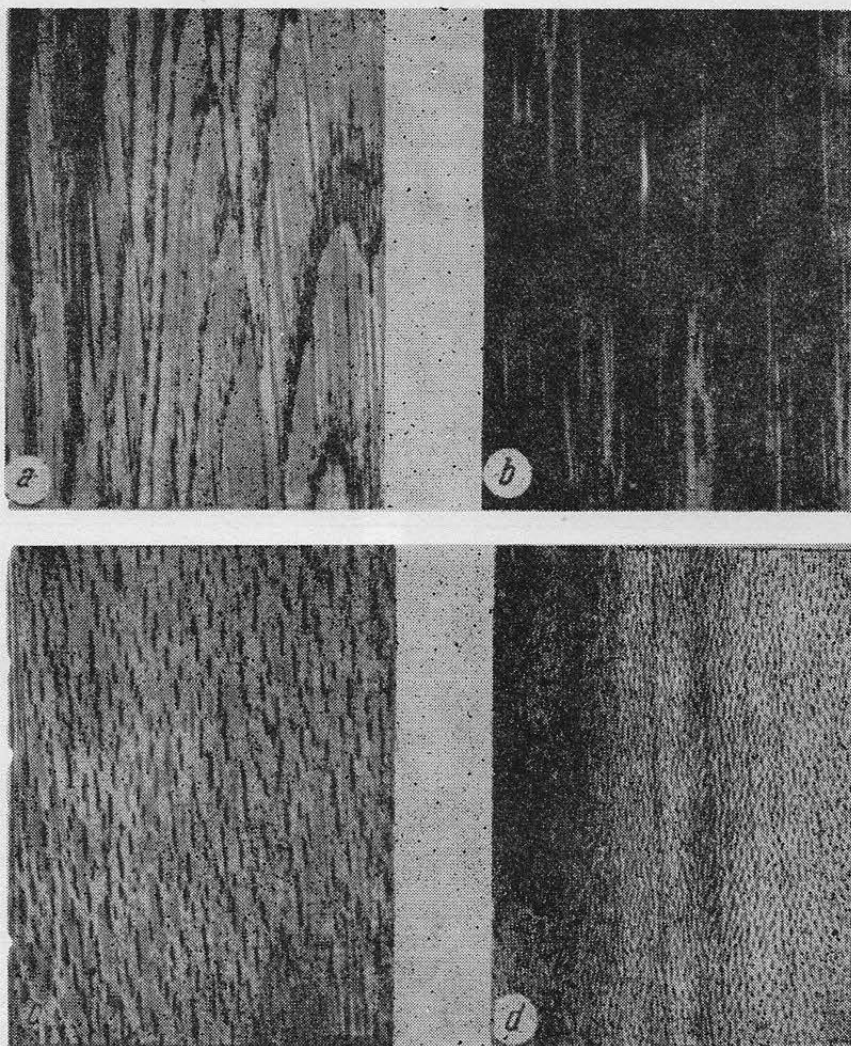


Fig. 287. Raze medulare pe secțiune tangențială:

a — la stejar; *b* — la cer; *c* — la fag; *d* — la platan (după G helmeziu și Suciu).

Numărul de raze medulare pe 1 cm² dintr-o secțiune tangențială prin lemn este în general enorm de mare: de la 3 000 (la pin, mesteacăn) până la 143 000 (ienupăr).

Proporția de raze medulare exprimată în procente din volumul total al lemnului oscilează între 5% și 10% la rășinoase și între 10% și 36% la foioase, după cum se poate vedea din tabelul 9.

Tabelul 9

Proporția de raze medulare din volumul lemnului
(după V a n i n)

Numele speciilor	Volumul razelor medulare exprimat în % din volumul lemnului
Rășinoase:	
<i>Picea excelsa</i> (molid)	4,7
<i>Pinus silvestris</i> (pin)	5,5
<i>Larix europaea</i> (larice)	8,8
<i>Abies pectinata</i> (brad)	9,6
Foioase :	
<i>Quercus pedunculata</i> (stejar)	36,2
<i>Fraxinus excelsior</i> (frasin)	14,9
<i>Castanea sativa</i> (castan)	17,2
<i>Betula verrucosa</i> (mesteacăn)	10,5
<i>Populus tremula</i> (plop)	12,7
<i>Acer pseudoplatanus</i> (paltin)	17,2
<i>Fagus silvatica</i> (fag)	27,0
<i>Juglans regia</i> (nuc)	16,2

Deosebiri sezoniere în lemnul secundar al arborilor.
Lemn timpuriu și lemn târziu. Inele anuale

Cambiul începe să funcționeze din aprilie până la sfârșitul lui august, depunând în acest interval de timp mai multe pături de lemn secundar a căror totalitate constituie un inel anual.

Primele straturi de lemn secundar dintr-un inel anual, cele care s-au depus primăvara și la începutul verii, sînt formate din vase cu lumen larg și cu pereții mai puțin îngroșați, vase prin care circulația sevei, foarte abundentă în acest anotimp, se face ușor. Totalitatea acestor elemente formează lemnul timpuriu sau „lemnul de primăvară”.

Către sfârșitul verii și toamna, cambiul produce vase cu lumen din ce în ce mai strîmt și cu pereții tot mai îngroșați, și într-o proporție tot mai mare fibre lemnoase. Acest din urmă lemn secundar este lemnul târziu sau „lemnul de toamnă”. La cele mai multe esențe lemnoase de la noi (stejar, castan, salcîm, frasin, glădiță etc.) lemnul timpuriu, care este un lemn inelo-poros, deoarece are porii așezați inelar, diferă de cel târziu prin diametrul mai mare al vaselor ; există și esențe cu lemn secundar difuz-poros (mesteacăn).

căn, plop, arțar ș.a.) la care vasele au diametre egale în toată grosimea unui inel anual. Totuși, și la acestea, din cauza predominării elementelor mecanice în lemnul târziu se pot distinge inele anuale (fig. 288).

Rezultă din cele expuse că se poate distinge destul de ușor alternanța dintre lemnul timpuriu și cel târziu, limita dintre ele constituind și limita unui inel anual, iar numărul inelelor anuale exprimând vârsta arborilor.

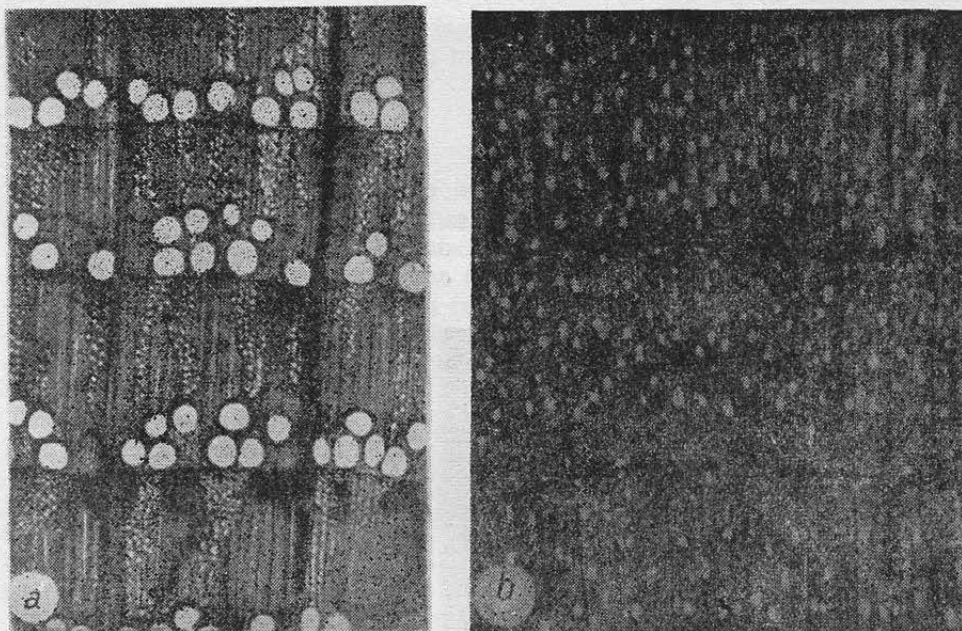


Fig. 288. Lemn inelo-poros la gorun (a) și lemn difuzo-poros la nuc (b) (după G h e l m e z i și S u c i u).

La arborii din zona temperată, cu diferențe nete între anotimpuri, determinarea vârstei după numărul inelelor anuale este, în general, exactă. Există și aici cazuri când la un același copac se formează două inele într-un an, de exemplu în cazul când respectivul copac a înfrunzit de două ori, primele frunze fiind distruse de paraziți sau îngheț și înlocuite cu o a doua serie de frunze apărute din mugurii dorminzi.

La arborii tropicali care trăiesc în zone climatice lipsite de anotimpuri, variațiile lemnului secundar depind de perioadele de ploi și secetă, perioade care se repetă în decursul unui an. Inelele nemaifiind în acest caz anuale, nu indică vârsta arborelui. În regiunile zonei intertropicale fără anotimpuri net delimitate, nu se observă inele anuale, activitatea cambiului desfășurându-se uniform în tot cursul anului.

Grosimea inelelor anuale variază mult de la plantă la plantă ; esențele tari (fag, stejar etc.) au inele mai înguste decât cele moi (plop, salcie).

La una și aceeași plantă putem întâlni inele mai groase și inele mai înguste, după creșterea mai intensă sau mai lentă pe care a suferit-o copacul în anii respectivi, și aceasta în funcție de variațiile umidității.

Inelele pot fi concentrice sau mai mult sau mai puțin excentrice. Excentricitatea se poate explica prin poziția arborilor față de soare, influența vântului etc.

Modificări ulterioare în lemnul secundar.
Alburn, lemn matur, duramen

La majoritatea arborilor cu lemn tare, cum sînt : stejarul, fagul, salcîmul, nucul etc., lemnul secundar al tulpinii se diferențiază după un anumit timp în două zone distincte : o zonă externă, de culoare albă sau gălbuie-deschis, fiziologic activă, care poartă numele de *alburn* sau *albul lemnului* și o zonă

internă, fiziologic inactivă, numită *lemn matur*. Lemnul matur care se deosebește prin culoare de alburn se numește *duramen* sau „inima” lemnului (fig. 289).

Numai vasele din alburn mai sînt însoțite de parenchim lemnos viu, și dintre acestea numai cele tinere, formate în cursul ultimului an, situate spre periferie, mai au legături cu radicelele și cu frunzele.

Vasele din duramen nu mai au rol de conducere, ci unul mecanic. Ele sînt astupate cu țile, sau, la arborii care nu au țile, cum sînt mestecănul, arțarul, vișinul etc., se astupă cu substanțe minerale și organice diferite. Celulele parenchimului lemnos își îngroașă foarte mult membrana și în cele din urmă mor. Mai târziu mor și celulele vii din razele medulare.

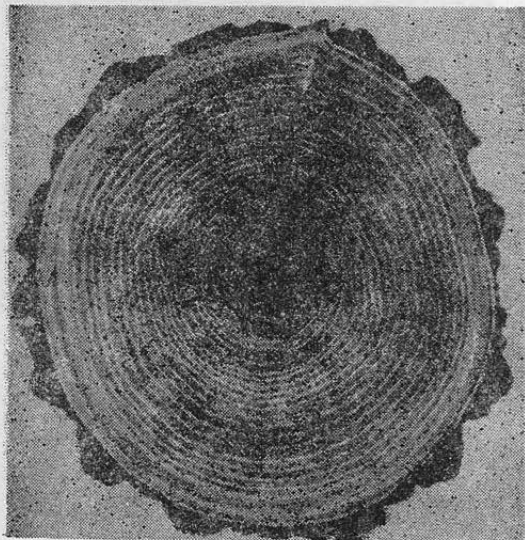


Fig. 289. Inele anuale la salcîm :
A — alburn ; B — duramen (după Ghelmeziu și Suci).

În pereții elementelor duramenului se depun diferite substanțe tanante, rășini, gume etc., sau substanțe organice colorate. Acestea din urmă pot colora în mod diferit duramenul unor arbori, cum sînt *Berberis*, *Evonymus*, *Maclura*, care au duramen galben ; *Caesalpinia* și *Haematoxylon campechiana*.

num îl au roșu; abanosul (*Diospyros ebenum*) îl are negru, tisa — roșu-închis, nucul și stejarul au duramen brun etc. La multe esențe lemnoase (fag, pâr), duramenul este încrustat cu CaCO_3 , la alte esențe cu silice amorfă (lemnul de Teak), ceea ce le mărește atât rezistența cât și greutatea. Multe dintre esențele tropicale citate sînt așa de grele încît nu plutesc pe apă, ci se scufundă. Calitățile fizico-mecanice și valoarea industrială a unei esențe depind de duramen.

Transformarea alburnului în duramen are loc de la interior spre exterior și începe la vârste diferite, după esențe. Astfel, la salcîm, ea începe după 5 ani, la stejar după 25 de ani, la fag după 35, la frasin după 40.

Teiul, arțarul, carpenul, salcia, plopul etc. n-au duramen.

Structura lemnului de gimnosperme și de angiosperme

În cele de mai înainte am analizat elementele histologice ale țesuturilor secundare din tulpină care iau naștere prin activitatea cambiumului.

Pentru a cunoaște dispoziția în spațiu a acestor elemente, deci structura lemnului, este necesar să se facă prin tulpină secțiuni transversale (fig. 290. *Tr*), longitudinal-radiale (*Rd*) și longitudinal-tanțiale (*Tg*) și să se compare aspectul microscopic al celor trei secțiuni.

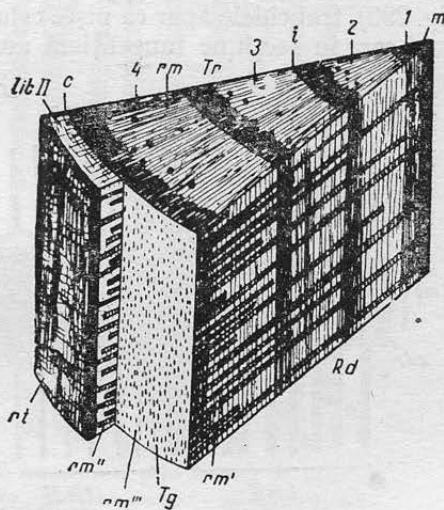


Fig. 290. Fragment dintr-un trunchi de pin de patru ani, în secțiune transversală (*Tr*), radială (*Rd*) și tanțială (*Tg*):

1 — 4 — inele anuale; i — limita dintre ele; c — cambiu; lib II — liber secundar; rt — ritidom; rm — raze medulare în secțiune transversală; rm' — raze medulare în secțiune radială; rm'' — porțiunea intraliberiană a razei medulare; rm''' — raze medulare în secțiune tanțială; m — măduva (după Ullrich).

Lemnul gimnospermelor are o structură mult mai simplă decât al angiospermelor, fiind alcătuit doar din trei elemente: traheide (90%), raze medulare (7%) și parenchim lemnos (1,5—2%), la care se mai adaugă, la unele specii, canale secretoare, 0,5—1% (fig. 291, c.s). Ca exemplu de lemn de gimnosperme, îl vom lua pe cel de pin, *Pinus silvestris*.

Traheidele, care formează aproape singure întreaga masă a lemnului, sînt celule lungi de 0,05—5 mm, aranjate în serii radiale regulate, așa cum au luat naștere din celulele cambiumului. Pe secțiune transversală (fig. 291), ele au un contur patrulater sau hexagonal, avînd în membrane punctuațiuni areolate care apar în secțiune ca două furci cu cîte doi dinți, întoarse cu

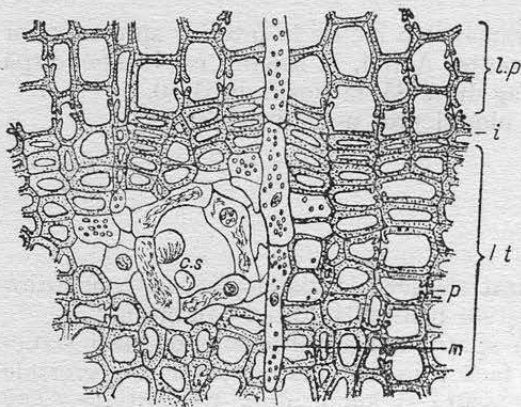


Fig. 291. Secțiune transversală prin lemnul de pin:

l.p. — lemn timpuriu; *l.t.* — lemn târziu; *i* — limita inelului anual; *p* — punctuațiuni; *c.s.* — canal secretor; *m* — raze medulare (după Ullrich).

vîrfurile una către alta (*p*). În secțiune radială (fig. 292) și tangențială (fig. 293), traheidele apar ca niște celule lungi, ascuțite la capete, cu punctuațiuni care în secțiune tangențială au același aspect ca și în cea transversală,

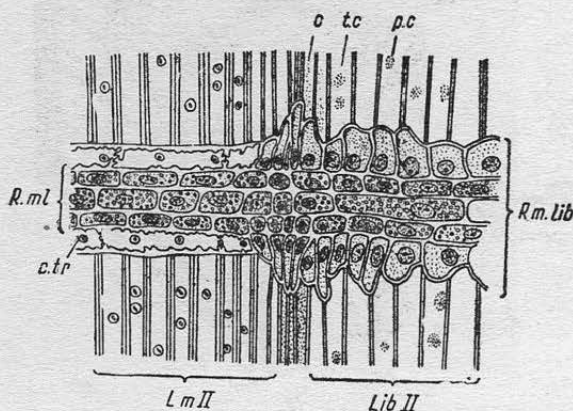


Fig. 292. Secțiune longitudinală prin lemnul de pin:

Lm II — lemn secundar; *Lib II* — liber secundar; *Rm. lib* — porțiunea intralibriană a razei medulare; *R. ml* — porțiunea ei intralemnosă; *c* — cambiu; *t.c.* — tub ciuruit; *p.c.* — placă ciuruită; *c.tr* — celulă traheidală a razei medulare (după Ullrich).

pe cînd în secțiune radială ele apar văzute din față, deci ca două cercuri concentrice. Și în lemnul gimnospermelor de la noi se observă bine inele anuale (1—4, fig. 290). Traheidele din lemnul timpuriu (*lp*, fig. 291) au pereții mai subțiri, lumenul mai mare și capetele mai rotunjite decît cele din lemnul târziu (*lt*, fig. 291), care au pereți groși, lumen strîmt și sînt

mai ascuțite la capete. Primele servesc la conducere pe cînd traheidele din lemnul tîrziu au un rol mecanic. Iarna, traheidele coniferelor se umplu cu rășini și balsamuri, iar punctuațiunile lor sînt astupate de torus. Tile nu există la gimnosperme.

Printre traheide, lemnul de pin este străbătut de *raze medulare* destul de numeroase (pînă la 30 pe 1 mm²), al căror aspect variază după cum trece secțiunea prin tulpină.

Pe secțiune transversală (*rm*, fig. 290 ; *m*, fig. 291), razele medulare apar ca niște linii radiale, formate de obicei într-un singur șir de celule (uniseriate) ;

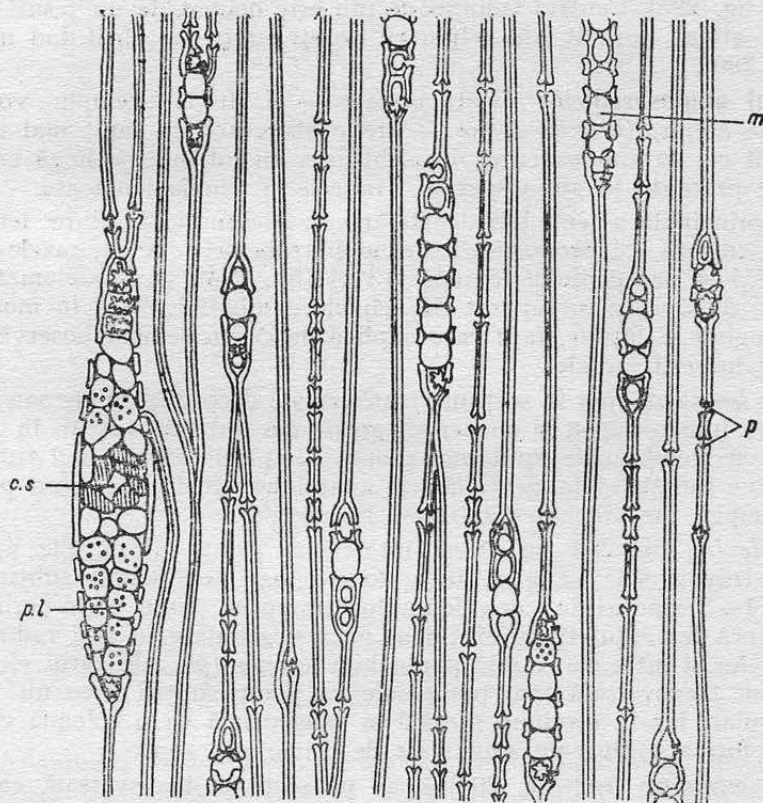


Fig. 293. Secțiune longitudinal-tanșențială prin lemnul de pin :
m — raze medulare ; *p* — punctuațiuni ; *c.s* — canal secretor ; *p.l* — parenchim lemnos
 (după Ullrich).

pe secțiune radială, ele apar ca niște lame compuse din mai multe rînduri de celule (*rm*, fig. 292), mai late în porțiunea lor intraliberiană, decît în cea intralemnosă. Toate straturile de celule din porțiunea intraliberiană a razelor medulare sînt vii, pline cu materii de rezervă, pe cînd în porțiunea intralemnosă, straturile de sus și de jos ale razelor medulare cuprind

celule traheidale(*c. tr.*) moarte, mai alungite în sens radial, prevăzute cu punctuațiuni areolate. Aceste celule traheidale conduc apa în sens radial. Unele conifere ca, de exemplu, *Abies*, au și raze medulare late și înguste. Pe secțiune tangențială (*rm''*, fig. 290; *m*, fig. 293), razele medulare de pin apar ca niște insule lenticulare sau fusiforme, putînd adăposti sau nu în ele canale secretoare. Coniferele pot avea canale secretoare și în lemn; acestea sînt verticale, iar cele din razele medulare sînt orizontale.

Parenchimul lemnos, în fine, participă cu o proporție neînsemnată la constituția lemnului de pin (1,5—2%), găsindu-se numai în razele medulare (*pl*, fig. 293). Centrul tulpinii de pin este ocupat de un țesut parenchimatic afinat, format din celule cu pereți subțiri și alcătuiind măduva (*m*, fig. 290).

Lemnul angiospermelor dicotiledonate — și drept exemplu vom lua pe cel de stejar, *Quercus robur* — are o structură cu mult mai complicată decît cel de gimnosperme, în alcătuirea lui intrînd, pe lîngă cele trei elemente prezente la gimnosperme, traheele și fibrele lemnoase.

Masa principală a lemnului de stejar este alcătuită din fibre lemnoase (49%). Urmează, ca proporție, traheele și traheidele (20%), razele medulare (18%) și parenchimul lemnos (13%) (fig. 294). Aceste elemente ale lemnului, după ce s-au separat de celulele cambiumului, cresc în mod diferit în lungime și lățime, fapt care explică de ce nu se mai observă aranjarea lor în serii radiale.

Fibrele lemnoase apar în secțiune transversală dreptunghiulare sau pentagonale, cu lumen îngust și cu pereții groși; ele sînt mai turtite în lemnul tîrziu și cu membranele mult mai groase decît cele din lemnul timpuriu. În secțiune radială și tangențială, ele apar lungi, fusiforme și cu punctuațiuni simple, rar areolate (la fibrele traheidale).

Traheele (*tr*, fig. 294) se găsesc intercalate printre fibre. Ele apar pe secțiune transversală ca niște inele foarte mari, cu pereții subțiri, așezate pe 1—3 rînduri în zona lemnului timpuriu (lemn inelo-poros), iar în porțiunea lemnului tîrziu sînt mai mici și aranjate în fișii radiale. În jurul vaselor și între ele se află parenchim lemnos (*pl*), ale cărui elemente pe secțiune transversală apar poligonale, cu pereți subțiri și cu un conținut granular, iar în secțiune radială și tangențială ca o coloană cu des-părțituri formată dintr-un singur șir de celule suprapuse.

Razele medulare (*rm*, fig. 294) apar pe secțiune transversală ca niște fișii, unele înguste, altele late, care ocolesc traheele cele mai largi. Pe secțiune radială, ele apar ca niște benzi late, formate din cîteva rînduri suprapuse de celule, iar în secțiune tangențială, razele înguste au aspect de fișii fusiforme avînd înălțimea din mai multe rînduri de celule suprapuse și lățimea dintr-un singur rînd. Razele medulare late apar ca fișii late, fusiforme, fiind formate și în lățime și în grosim din cîteva rînduri de celule.

În centrul tulpinii de stejar se află o măduvă, formată din celule parenchimatice, cu pereți subțiri.

Felogenul¹, numit și **zonă generatoare subero-felodermică** sau încă **zonă generatoare peridermică²** este cel de al doilea meristem secundar al tulpinii. El are funcțiunea de a produce țesuturi de apărare secundare, în locul epidermei care nu poate ține pasul cu creșterea în grosimea a tulpinii, se rupe și moare foarte curînd.

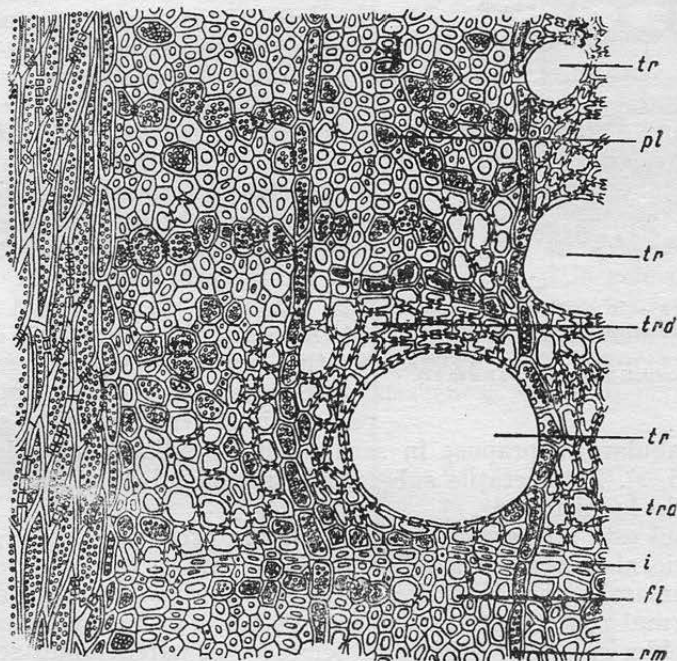


Fig. 294. Secțiune transversală prin lemnul de stejar:

tr — trahee cu punctuațiuni; *pl* — parenchim lemnos; *trd* — traheide; *i* — limita inelului anual; *fl* — fibre libriforme; *rm* — raze medulare (după Ullrich).

Ca și cambiul, felogenul este format dintr-un singur strat de celule dispuse inelar, care cresc în direcție radială și se divid tangențial (periclinal), dînd celule noi atît pe o parte cît și pe cealaltă. De asemenea, el funcționează ritmic, încetîndu-și activitatea toamna și reluîndu-și-o în vara următoare, mai tîrziu decît cambiul.

Felogenul însă se deosebește de cambiu prin trei caractere esențiale, și anume: *a*) prin poziția lui în tulpină, *b*) prin țesuturile secundare cărora le dă naștere și *c*) prin durata vieții sale.

¹ De la grec. *phellos* = plută și *genesis* = naștere.

² De la grec. *peri* = împrejur și *derma* = piele.

a) *Poziția felogenului* în tulpină este variabilă; el poate fi situat în epidermă (ca la salcie, păr, scoruș), în primul strat al scoarței (ca la tei, fag, ulm, mestecăn), în endoderm sau chiar în periciclu (coacăze, strugurași, viță-de-vie); totdeauna însă poziția lui este mai înafara cambiumului. Cu cât felogenul este situat mai adânc cu atât mai multe straturi de țesuturi

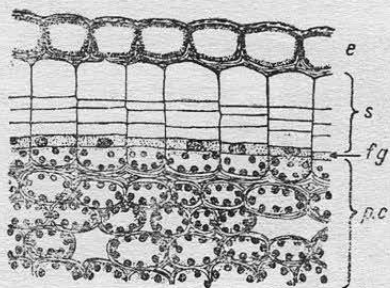


Fig. 295. Suber — în secțiune transversală, printr-o ramură de soc de un an: e — epidermă; s — suber; fg — felogen; p.c — parenchim cortical (după Strasburger).

primare, rămase în afara acestuia, nemaiputându-se hrăni din cauza suberului impermeabil care s-a interpus între ele și vase, mor și se exfoliază.

b) *Țesuturile secundare* care se nasc din felogen sînt *suberul* sau *pluta*, ce se dispune la exterior și *felodermul* care se formează spre interior. În unele cazuri, celulele formate la exteriorul felogenului rămîn cu pereții celulozici, nesuberificați, formînd țesutul secundar numit *feloid*. Cînd, la același arbore există și suber și feloid la exteriorul felogenului, ansamblul celor două țesuturi se numește *felem*.

Suberul născut din felogen apare pe secțiune transversală sub formă

de celule tabulare, suprapuse în serii regulate radiale, strîns legate între ele (fig. 295, s). Proprietățile suberului și modul lui de așezare în tulpină se cunosc de la histologie.

Felodermul este un parenchim secundar viu provenit din felogen și așezat la interiorul acestuia. Ca formă, celulele sale se deosebesc de cele ale scoarței primare numai prin dispoziția lor în șiruri radiale regulate. În rest, felodermul poate conține clorofilă, substanțe de rezervă, poate îngloba în el colenchim sau sclerenchim, întocmai ca și parenchimul scoarței primare. Uneori felogenul funcționează ca o zonă generatoare cu o singură față, producînd numai suber spre exterior.

Suberul, felogenul și felodermul alcătuiesc împreună *scoarța secundară* sau *periderma* tulpinii.

c) Spre deosebire de cambiu care, deși poate funcționa intermitent, și rămîne activ în tot cursul vieții plantei, felogenul are o viață scurtă: după cîțiva ani de funcționare, uneori chiar după un an, el moare și un nou felogen îi ia locul, care și el va fi înlocuit de un al treilea etc.

Noile felogenuri se formează tot mai adînc față de poziția primei zone; ele pot progresa spre interior pînă în liberul primar, în cele din urmă chiar și pînă în liberul secundar produs de cambiu. În acest caz sînt separate de vase prin noile pături de suber nu numai întreaga scoarță primară, ci și scoarța secundară produsă de felogenurile anterioare, precum și liberul primar și chiar porțiuni din liberul secundar, rămase în afara celor mai noi straturi de suber. Toate aceste țesuturi vor sfîrși prin a muri și a se îndepărta prin exfoliere.

Acest ansamblu eterogen de țesuturi primare și secundare moarte și crăpate în diferite moduri, care învelesc trunchiurile bătrâne ale arborilor, se numește *ritidom*¹. Formarea ritidomului începe cu atât mai devreme, cu cât primul felogen a fost situat mai profund: la vița-de-vie după 2 ani, la tei după 10–12 ani, la stejar după 25–30 de ani.

Uneori ritidomul rămâne aderent la trunchi toată viața arborelui, ca la stejar, ulm, nuc etc., numindu-se în acest caz *ritidom persistent*. În alte cazuri, ca la platan, pin, vița-de-vie etc., pe măsură ce se formează noi straturi de ritidom, cele vechi se exfoliază și cad. Astfel de ritidom se numește *trecător*. El se poate coji sub formă de inele (ritidom concentric), ca la cireș, sau sub formă de plăci (ritidom solzos), ca la platan, pin etc.

d) *Lenticele*. Prin înlocuirea epidermei și scoarței primare cu un suber impermeabil și lipsit de spații intercelulare, schimbările de gaze dintre atmosferă și țesuturile interne ale tulpinii ar fi împiedicate, dacă, din loc în loc, felogenul n-ar produce un alt tip de suber, format din celule rotunde, cu spații intercelulare între ele.

Așa cum epiderma poartă din loc în loc stomate, și la cele mai multe tulpini lemnoase, exact în dreptul și dedesuptul stomatelor, felogenul funcționează mult mai activ decât în restul circumferinței sale, și produce multe șiruri radiale de celule ovale sau sferice, cu spații intercelulare, care apasă și umflă în sus peridermul; de asemenea, apasă în jos și asupra

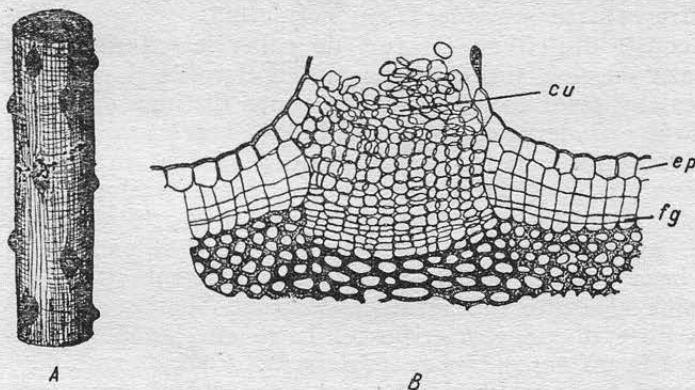


Fig. 296. Lenticele de soc:

A — văzute cu ochiul liber; B — în secțiune transversală; *cu* — celule de umplură cu spații intercelulare; *ep* — epiderma; *fg* — felogenul (după Strasburger).

felogenului și parenchimului cortical, obligându-le să se îndoiaie și să ia forma concavă. Masa acestui țesut special apare pe secțiune transversală ca o lentilă biconvexă, de unde și numele de *lenticele* pe care l-a dat botanistul De Candoille (1826) acestor formațiuni locale ale felogenului (fig. 296). În cele din urmă, peridermul crapă din cauza apăsării și în

¹ De la grec. *rhytis* = zbircitură.

scoarța secundară apar mici cratere, vizibile și cu ochiul liber la soc (fig. 296, A), mestecăn, cireș etc., pe unde pot avea loc schimburi de gaze între celulele vii din lemn (parenchim lemnos, raze medulare, cambiu, măduvă etc.) și mediul înconjurător.

Pe rădăcini, precum și pe tulpinile multor conifere, lenticелеle pot apărea și în alte puncte decât dedesubtul fostelor stomate (care, de altfel, la rădăcini nu există). De asemenea, la unele lenticелеle (de exemplu, la cele de cireș), în decursul unei perioade de vegetație se produc straturi alternante de celule suberificate, cu spații intercelulare reduse, și straturi de celule „de umplutură”, parenchimaticе, cu pereți celulozici și cu spații intercelulare mai mari. Cele mai primitive lenticелеle le au coniferele, care nu se disting de periderm decât prin prezența spațiilor intercelulare.

Structura unei ramuri de tei de trei ani

Pentru a putea urmări pe concret succesiunea tuturor țesuturilor secundare din tulpină, să analizăm la microscop o secțiune transversală printr-o ramură de tei de trei ani (fig. 297).

Epiderma (*e*) mai persistă încă, dar, din cauza presiunii la care este supusă de către periderm, va crăpa și va fi înlocuită în rolul ei de apărare de către scoarța secundară sau peridermă.

Aceasta constă din câteva straturi de suber la exterior (*s*), din felogen situat la baza acestora și din felodermul cu clorofilă și celule cu ursini de oxalat de calciu, țesut care cu greu se poate distinge de scoarța primară (*sc I*), a cărui endoderm este format dintr-o teacă amiliferă (*end*).

Periciclul fostului cilindru central este sclerificat în cadrul pachetelor de liber secundar (*per*), parenchimatic în dreptul razelor medulare.

Liberul secundar (*lib. II*), care înglobează și liberul primar de care nu se distinge, apare pe secțiune transversală ca niște pachete în formă de trapez, cu baza mică în sus și cu baza mare rezemându-se pe cambiu (*c*). Pachetele sînt alcătuite din straturi de țesut liberian viu, despărțite de straturi de fibre liberiene sclerificate. Între cîte două pachete de liber secundar se află un parenchim de dilatare (*p. dil*) în formă de pîlnie, care reprezintă porțiunea intraliberiană a razelor medulare secundare (*r. mII*).

Lemnul secundar se prezintă sub formă de trei inele anulale, cel mai vechi fiind situat cel mai aproape de centru. Inelele sînt străbătute în sens radial de porțiunea intralemnnoasă a razelor medulare. Centrul ramurii adăpostește lemnul primar și măduva (*m*).

Structura tulpinii unor plante textile

Plantele textile sînt specii cu structură secundară, nearborescente, care produc în tulpina lor fibre ce pot fi prelucrate și transformate în țesături variate. Cea mai importantă dintre ele sub raportul procentului de ma-

terie primă pe care o dă industriei (50%) este bumbacul, ale cărui fire reprezintă însă nu fibre tulpinale, ci perișori ai tegumentului seminal.

În cele ce urmează vom analiza structura acelor plante textile mai importante, ale căror fibre se găsesc în tulpină. Așa sînt inul, cînepa, ramia, chenaful, urzica etc.

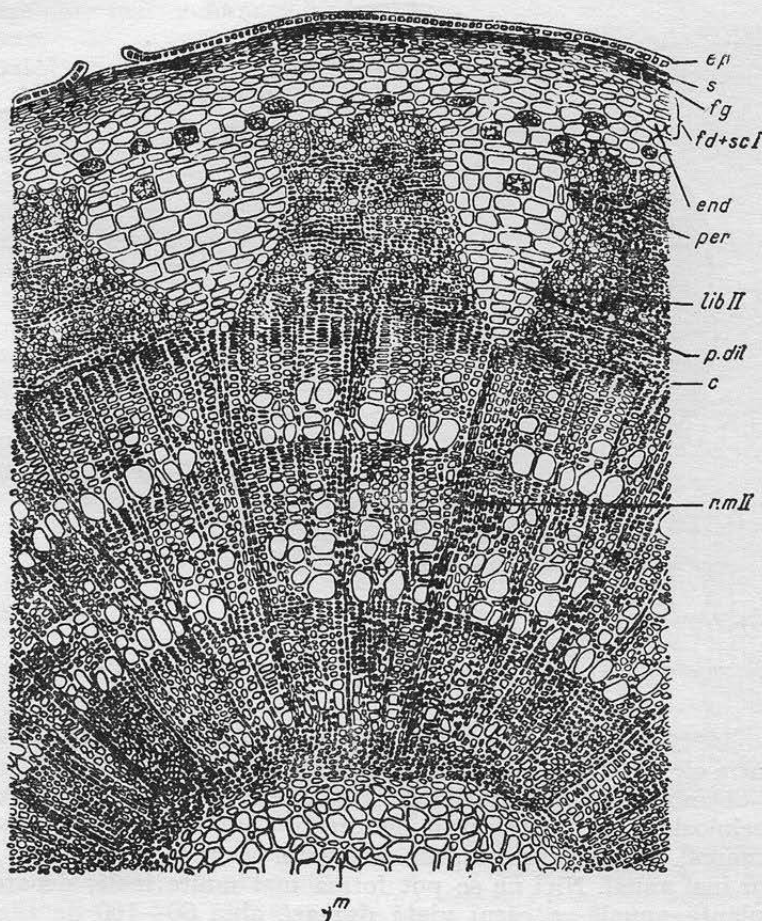


Fig. 297. Secțiune transversală printr-o ramură de tei de trei ani:

ep — epidermă; s — suber; fg — felogen; fd + sc I — feloderm și scoarță primară; end — endoderm; per — pericicl; lib II — liber secundar; p. dil — parenchim de dilatare; c — cambiu; r.m II — raze medulare secundare; m — măduva (după Kny).

1. Structura tulpinii de in (*Linum usitatissimum*). Pe o secțiune transversală printr-o tulpină de in (fig. 298), ceea ce se remarcă în primul rînd este prezența, sub endodermul care nu se poate totdeauna distinge pe

toată circumferința sa, a unor pachete de *fibre liberiene primare* (*f. lib*), dispuse sub forma unui manșon lat, întrerupt în direcție radială prin porțiuni înguste de parenchim, care constituie razele medulare primare. Aceste „fibre textile” ale inului, lungi de 25–30 mm și groase de 16 μ , unite în grupuri, alcătuiesc *fuiorul* sau *fibra tehnică*, lungă uneori pînă la 50 cm.

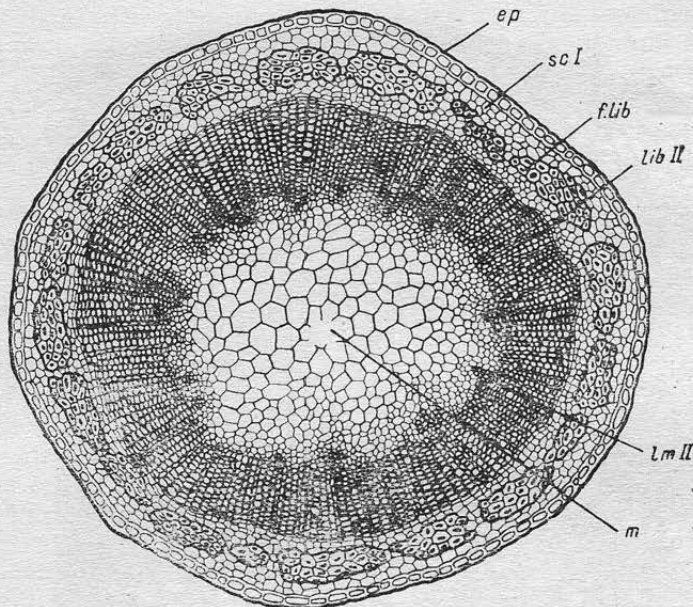


Fig. 298. Secțiune transversală prin tulpina de in:

ep — epidermă; scl — scoarță primară; f.lib — fibre liberiene; lib II — liber secundar; lm II — lemn secundar; m — măduvă (după Troll).

Prin „topire”, datorită unor bacterii care distrug substanțele ce leagă fibrele între ele, fuiorul se disociază în „fibre elementare” ce se pot toarce și țese, obținându-se țesături de in fine și durabile, deoarece fibrele au pereții celulozici sau foarte puțin lignificați.

Se remarcă, de asemenea, faptul că lemnul secundar la in (*lm II*) are un singur inel anual. Nici nu se pot forma mai multe inele, deoarece inul este o plantă anuală, a cărei viață durează abia 80–100 de zile.

2. Tulpina de cânepă (*Cannabis sativa*), în porțiunea ei de vîrf, are numai fibre liberiene și periciclice de origine primară și, cu excepția prezenței unui colenchim unghiular sub epidermă, secțiunea ei transversală nu se deosebește în mod esențial de cea de in.

Începînd însă din treimea ei inferioară și pînă la bază, tulpina de cânepă prezintă o structură secundară (fig. 299). Al doilea manșon de fibre liberiene, care au origine *secundară* sînt scurte (5–12 mm) și groase (20 μ), avînd membranele mai lignificate, ceea ce le scade valoarea și le face

mai greu de prelucrat. Și acestea însă sînt bune pentru confecționarea funiilor, sacilor, plaselor de pescuit.

3. Tulpina de ramie (*Boehmeria nivea*), o urticacee din Asia, este perenă și deja la sfîrșitul primului an prezintă nu numai lemn și liber secundar, ci și scoarță secundară. Fibrele de ramie, cele mai lungi din regnul vegetal (250—550 mm, v. tabelul 1) au, de asemenea, origine primară și secundară, dintre care mai valoroase sînt cele primare.

4. Chenaful (*Hibiscus cannabinus*, din fam. *Malvaceae*) este o plantă anuală cultivată pentru fibrele sale, dispuse în 5—6 inele concentrice la diferite adîncimi în tulpină. Cel mai extern manșon de fibre are o origine primară și, spre deosebire de toate celelalte plante textile, acestea sînt fibre scurte, groase, lignificate și aproape fără valoare practică, în timp ce fibrele manșoanelor mai profunde, de origine secundară, sînt mai lungi, mai puțin lignificate și mai prețioase. Apariția, într-un singur an a mai multor inele de fibre liberiene secundare se explică prin aceea că zona generatoare produce spre exterior, în mod alternativ, pături de fibre și pături de parenchim care rămîine cu pereții subțiri.

Îngroșări secundare atipice în tulpinile de liane

Cele mai multe liane tropicale lemnoase, aparținînd mai ales fam. *Bignoniaceae* și *Sapindaceae*, au tulpină lemnoasă lungă și subțire, cu prea puțin țesut mecanic pentru a se putea menține singure în poziție verticală. În plus, vasele lor lemnoase sînt cele mai largi din regnul vegetal. Din cauza acestei structuri, lianele sînt nevoite să se sprijine pe trunchiurile altor arbori, răsucindu-se atît în jurul acestora cît și în jurul axei lor proprii. Pot face față acestor variate cerințe, deoarece tulpina lianelor are o structură ce poate fi asemuită cu aceea a unor funii, obiecte supuse la torsiuni și tracțiuni, ca și lianele.

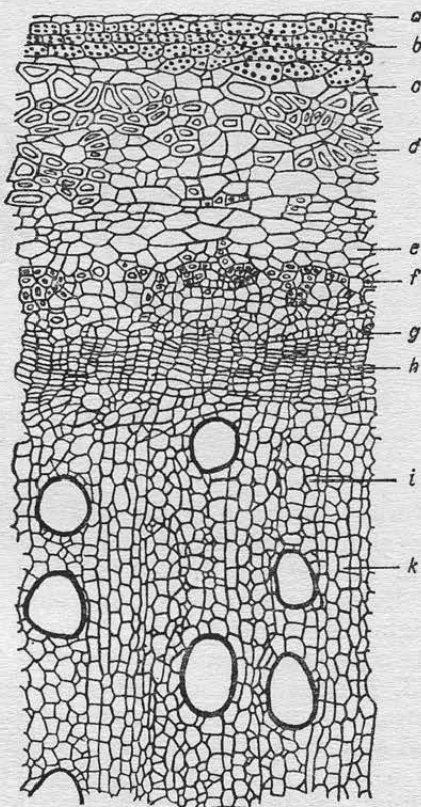


Fig. 299. Porțiune dintr-o secțiune transversală prin tulpina de cîneapă:

a — epiderma; b — parenchim clorofilian; c — endoderm; d — fibre liberiene primare; e — parenchim; f — fibre liberiene secundare; g — parenchim secundar; h — cambiu; i — porțiune intralemnosă a razei medulare; k — lemn secundar (după J u k o v s k i).

Corpul lemnos al lianelor deci nu constituie o masă compactă, ci este despicat în mai multe cordoane unite între ele prin țesut moale.

Această fragmentare a corpului lemnos se poate realiza pe mai multe căi:

1. La multe *Bignoniaceae*, datorită unei funcționări speciale a cambiului, care, pe anumite sectoare din circumferința sa dă liber și în afară și înspre

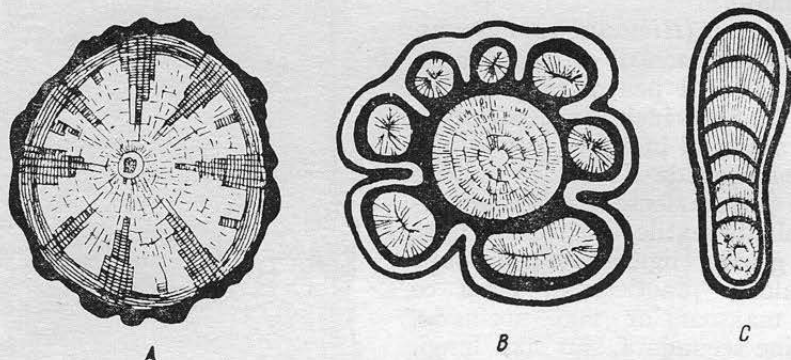


Fig. 300. Structura tulpinii la liane:

A — la *Bignonia*; B — la *Paullinia*; C — la *Cocculus* (după Bonnier).

interior, cordoane de liber pătrund ca niște spițe de roată în corpul lemnos și îl fragmentează în mai multe porțiuni (fig. 300, A).

2. În alte cazuri, datorită faptului că pe anumite porțiuni cambiul nu se divide, se ajunge la o fragmentare a lemnului și deci la o *polistelie* de origine schizostelică (fig. 300, B). Aceste fragmente de stel își pot forma câte o peridermă proprie și se pot despleti ca și coardele unei funii.

3. Formarea de cambii suplimentare ulterioare la exteriorul cambiului normal, în țesuturile secundare produse de acesta, cambii care pot să nu mai aibă forma cilindrică, ci aceea a unor arcuiri cambiale, dispuse numai de o parte a stelului, pot duce, prin activitatea lor, la forme turtite de tulpini, cu înfățișare caracteristică și structură particulară (fig. 300, C).

Îngroșări anormale în tulpina de monocotiledonate

Puținele monocotiledonate lemnoase fac parte din fam. *Liliaceae* și aparțin câtorva genuri, ca: *Dracaena*, *Yucca*, *Cordyline*, *Aloe*. Îngroșarea tulpinii acestora are loc într-un mod cu totul deosebit, anormal.

Cambiul la aceste plante (fig. 301, C) nu apare în interiorul și între fascicule, cum este cazul normal, ci mult în afara acestora, în periciclu sau chiar în scoarța primară.

Nici țesuturile produse de cambiu nu sînt cele normale: prin activitatea sa, zona generatoare dă *parenchim secundar* spre exterior și *meristem* spre interior, în care se vor diferenția fascicule libero-lemnoase leptocentrice, fără teci de sclerenchim.

În modul acesta, structura primară tipică a monocotiledonatelor, cu fascicule numeroase și împrăștiate neregulat în tulpină, se menține și după instalarea unei structuri secundare anormale.

De asemenea, dată fiind abundența de parenchim secundar care ia naștere din cambiu, grosimea tulpinilor de monocotiledonate lemnoase nu este de loc un indiciu al vârstei acestora, comparată cu tulpini de dicotiledonate de același diametru.

3. FRUNZA

a. Morfologia frunzei

Frunza este un organ lateral al tulpinii, din care ia naștere și împreună cu care formează o singură unitate numită *lăstar*.

Deși o anexă a tulpinii, frunza se deosebește fundamental de aceasta prin patru caractere specifice, și anume: 1) printr-o *simetrie bilaterală*; 2) printr-o *structură dorsiventrală*; 3) printr-o *creștere limitată* și 4) printr-o *durată scurtă a vieții*.

1. Spre deosebire de tulpină care are o simetrie radială, frunza este un organ monosimetric, singurul ei plan de simetrie trecînd prin vârful limbului, nervura mediană, prin pețiol și prin tulpină sau ramura care o poartă (fig. 302, M). Acest plan împarte frunza în două jumătăți simetrice, una dreaptă, alta stîngă.

2. Structura dorsiventrală a frunzei se manifestă, în general, prin prezența unor țesuturi diferite pe cele două fețe ale limbului (fig. 302, B). Una dintre fețele frunzei este îndreptată spre axa de care aceasta se prinde și

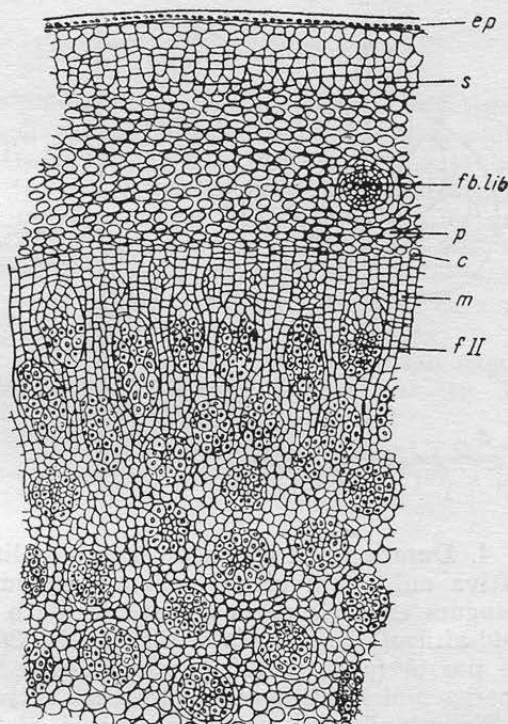


Fig. 301. Îngroșări anormale ale tulpinii de monocotiledonate. Secțiune transversală prin tulpina de *Dracaena*:

ep — epiderma; s — suber; fb.lib — fibre liberiene;
p — parenchim secundar; c — cambiu; m — meristem;
f II — fascicule libero-lemnoase secundare, leptocentrice
(după Huber).

se numește *față superioară*, *ventrală* sau *adaxială*¹, iar cea de-a doua față, opusă acesteia, poartă numele de *față inferioară*, *dorsală* sau *abaxială*.² Atât structura epidermei cât și numărul de stomate și felul țesuturilor subepidermice variază pe cele două fețe opuse.

3. Creșterea frunzelor este limitată. În câteva zile după apariție, ele ating dimensiunile caracteristice, toate țesuturile lor trec în stadiul de țesuturi definitive, meristemele dispar și creșterea se oprește.

Fig. 302. *A* — Schemă arătând unicul plan de simetrie al frunzei (*M*); *B* — structura ei dorsiventrală (după Strasburger).

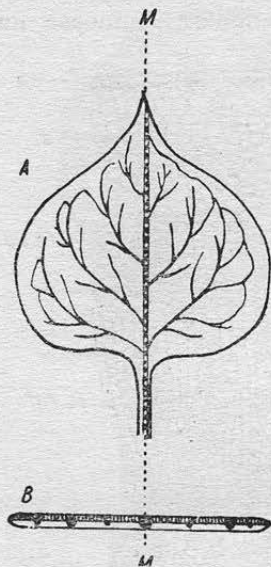
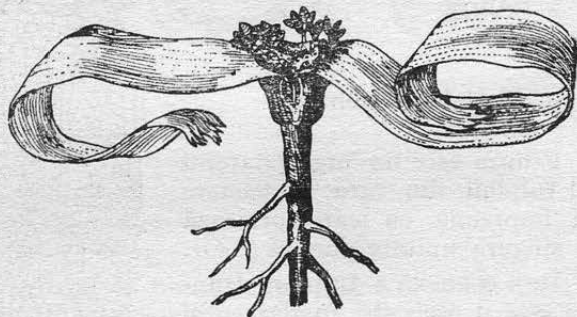


Fig. 303. *Welwitschia*, gimnosperm cu frunze persistente, cu creștere continuă (după Strasburger).



4. Durata vieții frunzelor este și ea limitată la câteva luni sau cel mult câțiva ani, cazul ultim întâlnindu-se numai la plantele „pururea verzi”. Singura excepție de la această regulă o prezintă frunzele gimnospermului sud-african *Welwitschia mirabilis* (fig. 303), care trăiesc cât și planta care le poartă (până la 100 de ani). Aceste frunze au și o creștere continuă, meristemul lor intercalar rămânând activ toată viața plantei.

Funcțiunile specifice ale frunzei sînt: asimilația clorofiliană, transpirația și respirația. Dintre aceste funcțiuni, cea mai importantă și cea la care s-a adaptat întreaga morfologie și structură a frunzei este fotosinteza. Fitofiziologul Sachs (1832—1897) a considerat acest organ ca un lăstar care și-a dezvoltat în mod excesiv suprafața, permițînd clorofilei să vină cît mai ușor în contact cu razele solare și cu CO_2 din aer, sintetizînd cu cea mai mare energie posibilă materii organice pentru nutriția întregii plante.

¹ De la latin. *ad* = spre.

² De la latin. *ab* = de la.

Deși transpiră și execută schimb de gaze respiratorii și alte organe ale plantelor, nici unul dintre ele nu este așa de bine adaptat la îndeplinirea acestor funcțiuni ca frunza. Într-adevăr, numai frunza are o suprafață mare, un sistem de spații intercelulare foarte dezvoltat și un număr imens de stomate. Pentru aceste motive, cu observația menționată, și aceste două funcțiuni se consideră ca specifice pentru frunză.

Frunza este cel mai plastic dintre organele vegetative ale plantelor; ea se adaptează foarte ușor la îndeplinirea și a altor funcțiuni nespecifice, ca: înmulțirea, apărarea, depozitarea de rezerve etc., metamorfozându-se.

Dezvoltarea ontogenetică a frunzei.

Primordii foliare

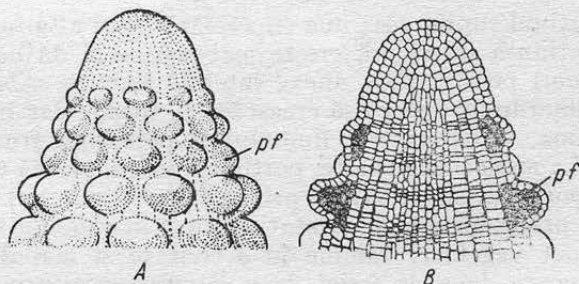
Frunzele iau naștere din meristemele terminale ale vîrfurilor vegetative, ca niște excrescențe laterale în formă de ridicături, cute sau urechiușe numite *primordii foliare* (fig. 304). La mușchi și la criptogamele vasculare, primordiile foliare iau naștere dintr-o singură celulă inițială situată în punctul vegetativ. La fanerogame, primordiile foliare iau naștere dintr-un grup de celule situate sub vîrfurile conului vegetativ, într-o zonă numită *inel inițial*. La plantele la care tunica are un singur strat, ca la grîu, secară și multe alte monocotiledonate ierboase, în anumite puncte ale acesteia unele celule se divid periclinal și dau naștere primordiului de frunză.

La acele specii la care tunica are două straturi, primordiile iau naștere din stratul al doilea numit *subdermatogen* (*Elodea*, *Hippuris* — fig. 304, *pf*, *Pelargonium* etc.).

În alte cazuri, unul sau cîteva straturi de ale corpusului pot participa la formarea primordiilor, care totdeauna au o origine *exogenă*, puțin profundă.

Fig. 304. Con vegetativ de *Hippuris vulgaris*:

A — văzut din profil; B — în secțiune longitudinală; *pf* — primordii foliare (după Strasburger).



Ordinea de apariție a primordiilor foliare este totdeauna acropetală: cele mai tinere se află mai aproape de vîrf și, cu cît ne îndepărtăm de acesta, primordiile sînt din ce în ce mai dezvoltate. Această dezvoltare se face în trei faze: *a*) înmulțirea celulelor, pornind de la un meristem situat în vîrfurile primordiului; *b*) creșterea prin întindere a celulelor și *c*) diferențierea celulelor, care duce la apariția țesuturilor caracteristice frun-

zei. În prima fază, diviziunile celulelor se fac după o serie de planuri încât are loc o creștere foarte accentuată în lățime și lungime, una foarte redusă în grosime. Așa se formează limbul frunzei. Evoluția în continuare a primordiilor foliare diferă după plante. Luând ca tip o frunză lată de dicotiledonate (cea de *Prunus*), dezvoltarea primordiului acesteia urmează următoarea cale (fig. 305): curînd după apariția sa, acesta se împarte în două

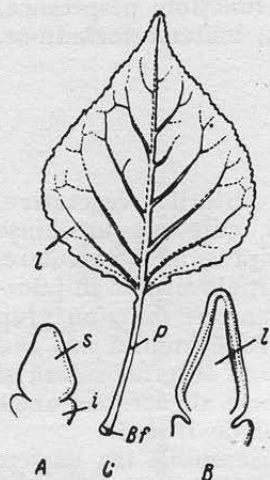


Fig. 305. Dezvoltarea frunzei: A, B — stadii tinere; C — frunză adultă; s — porțiunea superioară a primordiului; i — porțiunea lui inferioară; l — limbul; P — pețiolul; Bf — baza frunzei (după Troll).

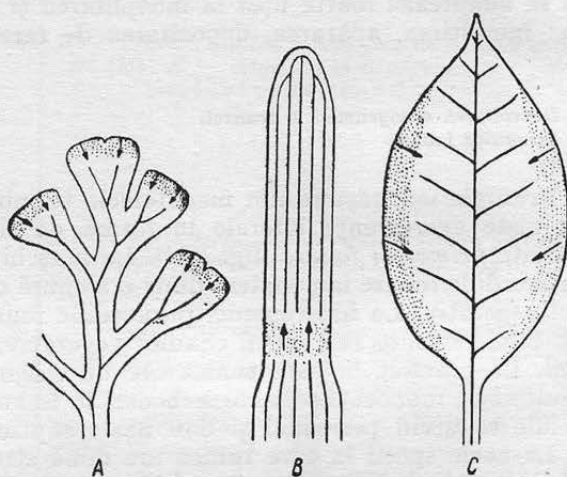


Fig. 306. Tipuri de zone de creștere (punctat) în dezvoltarea frunzelor:

Săgețile arată direcțiile în care se formează noi țesuturi: A — creștere terminală, la ferigi; B — creștere bazală la monocotiledonate; C — creștere laterală la dicotiledonate (după Stocker).

porțiuni suprapuse: una superioară (s) și alta inferioară (i). Dintre acestea, porțiunea inferioară crește mai repede și dă naștere la baza frunzei, care uneori poartă niște anexe laterale numite *stipele*. Porțiunea superioară a primordiului începe să crească mai târziu, dar crește mult mai rapid decât prima, și dă naștere limbului și pețiolului frunzei (l, P, fig. 305, C).

La monocotiledonate, porțiunea inferioară dă teaca. Creșterea mai departe a porțiunii superioare a primordiului (limbului) se face la început totdeauna printr-un punct vegetativ situat în vîrf. La ferigi și gimnosperme, acest punct vegetativ rămîne în activitate și mai departe (creștere terminală) și poate duce, la ferigi, la o ramificare a frunzei (fig. 306, A). În frunza monocotiledonatelor (fig. 306, B), din contră, creșterea terminală se oprește foarte curînd, și în locul ei se instalează o zonă de creștere intercalară la baza limbului (creștere intercalară). Aici, vîrfurile limbului este partea care se diferențiază prima, de unde procesul se propagă în sens bazipetal. Cum la cele mai multe monocotiledonate frunzele sînt lipsite de zone de creștere laterale, acestea rămîn liniare, în formă de panglici, cu nervuri paralele.

La dicotiledonate, prin activitatea creșterii terminale se formează mai întâi nervura mediană și o porțiune îngustă de limb de ambele părți ale acesteia. Apoi apar două zone de creștere marginale (fig. 306, C) prin a căror activitate iau naștere părțile laterale ale limbului. Pentru pețiol și baza frunzei apar zone de creștere speciale. Creșterea în grosime a frunzei se reduce la partea ei mediană și la pețiol și este rezultatul activității unui meristem ventral care apare sub epiderma feței superioare a acesteia.

Dacă zonele de creștere marginale ale limbului produc în anumite puncte protuberanțe care cresc mai activ, separate de porțiuni cu creștere mai

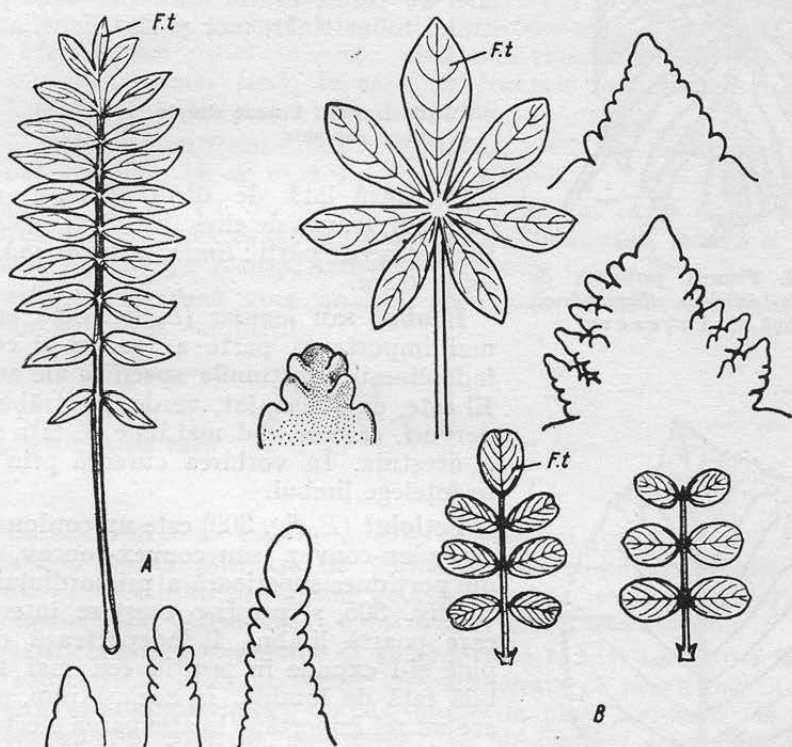


Fig. 307. Dezvoltarea frunzelor penat-compuse la *Polemonium* (A) și a celor palmat-compuse la castan sălbatic (B):

F.t — foliolă terminală (după Troll).

înceată sau în care activitatea meristematică a încetat, are loc o segmentare a limbului și apariția de foliole, care duc la formarea de frunze compuse. După cum nervura mediană, care s-a diferențiat prima, are o creștere apreciabilă în lungime sau rămâne foarte scurtă, foliolele vor fi așezate după tipul penat sau palmat (fig. 307). Foliolele pot apărea în sens bazipetal, acropetal sau în ambele sensuri, după plante.

Un mod particular de dezvoltare prezintă frunzele de palmieri. Acestea sînt frunze simple, deoarece se dezvoltă dintr-un primordiu foliar unic, nesegmentat. Pe măsură ce primordiul crește, el se plisează spre a încăpea în mugur. După deschiderea acestuia, țesuturile din șanțurile pliurilor se resorb și limbul se fragmentează în segmente. Prin creșterea intercalară a nervurii principale, acestea se îndepărtează între ele și frunza apare compusă penată sau palmată.

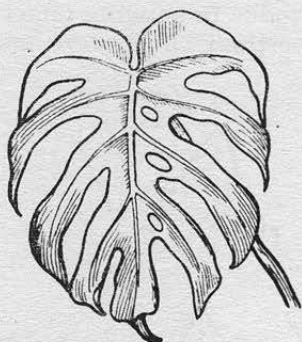


Fig. 308. Frunză perforată de *Monstera deliciosa* (filodendron) (după Grințescu).

Perforațiile din frunzele de filodendron (*Monstera*, din fam. *Araceae* — fig. 308) apar datorită faptului că anumite porțiuni insulare de țesut, situate între nervurile primordiului foliar tânăr, mor și sînt lichefiate.

Părțile frunzei. Frunze simple și frunze compuse

O frunză lată de dicotiledonate, ca, de exemplu, frunza de cireș (fig. 309), este alcătuită din trei părți: *limbul* sau *lamina*, *pețiolul* și *teaca*.

Limbul sau *lamina* (*L*, fig. 309) este cea mai importantă parte a frunzei și cea care îndeplinește funcțiunile specifice ale acesteia. El este, de obicei, lat, verde și străbătut de nervuri, care se văd mai bine pe fața dorsală a acestuia. În vorbirea curentă prin frunză se înțelege limbul.

Pețiolul (*P*, fig. 309) este un cordon cilindric, plan-convex sau convex-concav, născut din porțiunea superioară a primordiului foliar (v. fig. 305, s) printr-o creștere intercalară, care poartă limbul, îl îndepărtează de tulpină și-l expune în poziția cea mai favorabilă față de lumină. În același timp, pețiolul are un rol important în atenuarea efectului pe care-l produc picăturile de ploaie sau grindină care cad pe limb, precum și acela de a opune rezistență forței vîntului.

Teaca (*T*, fig. 309) este o parte lătită a bazei pețiolului cu care acesta se inseră la nodul tulpinii, pe care o înconjură mai mult sau mai puțin complet. Teacă „adevărată” au frunzele de graminee, la care aceasta are forma unui tub lung, despicat longitudinal, care învelește o bună porțiune din interno-

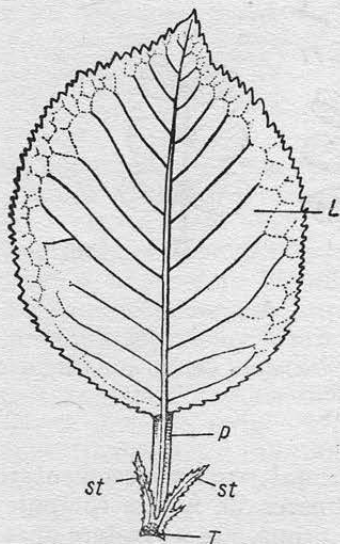


Fig. 309. Părțile frunzei de cireș: *L* — limb; *P* — pețiol; *T* — teacă; *st* — stipele (după Ullrich).

diul imediat superior punctului de inserție al frunzei. Prin analogie cu teaca de graminee, s-a dat numele de teacă bazei pețiolului, chiar când aceasta reprezintă o simplă dilatație a acestuia, și nu mai înconjură de loc tulpina. Teaca ia naștere din porțiunea inferioară a primordiului foliar (i, fig. 305) și adesea, la rîndul său, dă naștere unor anexe ale ei numite *stipele* (st, fig. 309).

O frunză care posedă toate cele trei părți amintite se numește frunză *completă*.

Există o mulțime de frunze cărora le lipsește una sau două din aceste părți. Astfel de frunze se numesc *incomplete*, și ele pot avea *numai teacă și limb*, ca, de exemplu, frunzele de *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Umbelliferae* etc., *numai pețiol și limb*, cum este cazul frunzelor de *Begonia*, liliac etc. sau *numai limb*, în care caz frunzele se numesc *sesile*¹ și se fixează pe tulpină direct cu baza limbului.

Dacă pețiolul unei frunze este neramificat, oricît de profund divizat ar fi limbul acesteia, ea se numește *frunză simplă*.

Se numesc *frunze compuse* acele frunze al căror pețiol se ramifică, fiecare ramură poartă cîte un fragment de limb numit *foliolă* și acestea din urmă cad de pe frunză, independent unele de altele.

În cele ce urmează vom analiza morfologia părților alcătuitoare ale frunzelor simple și complete.

Morfologia limbului foliar

Forma limbului foliar este aceea care definește și forma frunzei în general. Această formă este așa de variabilă încît singurele însușiri care se potrivesc la orice limb sînt acelea de lamă turtită, străbătută de nervuri, în parenchimurile căreia are loc asimilația clorofiliană.

În clasificare se obișnuiește să se raporteze forma limbului foliar la o figură geometrică sau la un obiect cu care acesta se aseamănă. Astfel, la fag, frunza se numește *eliptică*; la păr, *ovală*; la plop, *circulară*; la lobodă, *triunghiulară*; la popivnic, *reniformă*; la mesteacăn, *romboidală*; la tei, *cordiformă* (în formă de inimă); la săgeata apei, *sagitată*; la măcriș, *hastată* (în formă de fier de lance); la bănuței, *spatulată*; la multe ierburi, *liniară*; la pin, *aciculară*; la stînjene, *ensiformă* (în formă de sabie); la ceapă, *fistuloasă* (cilindrică și goală înăuntru); la ienupăr, *subulată*; la salcie, *oval-lanceolată* (fig. 310) etc.

Forma de limb ovală, dar cu partea mai lată în sus, se numește *obovată*; frunzele *peltate* au un limb rotund și pețiolul, în loc să se prindă

¹ De la latin. *sessilis*, e = cu baza largă.

de marginea limbului, se prinde de fața dorsală a acestuia, ca la colțunași, (*Tropaeolum majus*) (fig. 311).

Pentru determinarea speciilor însă nu este suficientă cunoașterea numai a formei generale a limbului, ci și a diferitelor sale părți, care sînt în număr de patru, și anume: baza, vîrful, marginile și fețele.

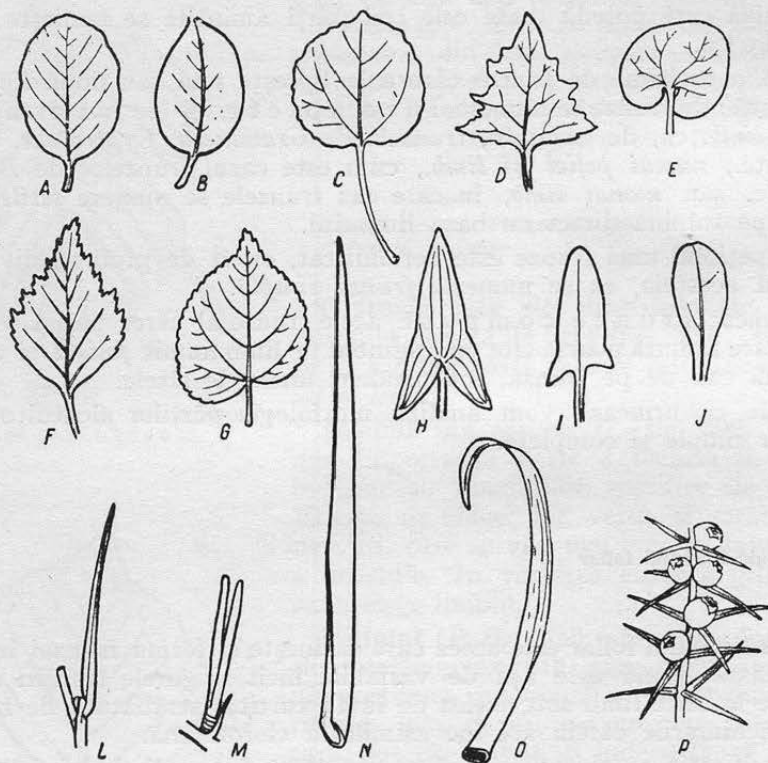


Fig. 310. Forme de limburi foliare:

A — frunză eliptică, la fag; B — ovală, la păr; C — circulară, la plop; D — triunghiulară, la lobodă; E — frunză reniformă, la popivnic; F — romboidală, la mestecăn; G — cordiformă, la tei; H — sagittată, la săgeata apei; I — hastată, la măcriș; J — spatulată, la bănuței; L — liniară, la Pin; M — aciculară, la pin; N — ensiformă, la stînjenei; O — fistuloasă, la ceapă; P — subulată, la ienupăr (după Grințescu).

a) Baza limbului poate fi: rotundă, ca la păr; cordată ca la viorea; sagittată ca la drob; hastată ca la măcriș; reniformă, ca la popivnic; cuneată (în formă de pană), ca la bănuței; ascuțită, ca la salcie; dilatată, ca la susai; auriculată, ca la tutun; asimetrică sau inegală, ca la ulm (fig. 312) etc.

b) Vîrful limbului poate prezenta, de asemenea, numeroase variații. Astfel, el poate fi: ascuțit, ca la salcie; acuminat, ca la mălin; obtuz, ca la vîsc; truncat, ca la Coronilla; emarginat sau știrbit, ca la Colutea;

obcordat, ca o inimă cu baza în sus, ca la măcrișul de pădure; *mucronat*, cu nervura mediană prelungită într-un fir scurt, ca la mazărice; *spinos*, ca la scaiete etc. (fig. 313).

c) *Marginile limbului* pot fi *întregi*, cu *incizii* sau *tăieturi mici* și cu *incizii mari*.

Se numesc *întregi* acele margini ale limbului foliar care nu prezintă nici un fel de creștături. Așa sînt frunzele de stînjene, ghiocel și multe alte monocotiledonate. Marginile întregi, la rîndul lor, pot fi aspre, ciliate, ondulate, crețe, groase etc.

Marginile cu *incizii mici* pot fi *serate*, cînd prezintă dințișori mici, ascuțiți și înclinați spre vîrfurile limbului, ca la urzică, *dințate*, dacă dințișorii sînt dispuși aproape perpendicular pe limb, ca la alun, *crenate*, cînd au dințișori rotunjiți, ca la *Glechoma*, și *sinuate*, cînd dințișorii rotunjiți sînt separați de mici adîncituri, de asemenea rotunjite (fig. 314).

Fiecare dintre aceste patru categorii pot prezenta, la rîndul lor, numeroase variații, de care, uneori, se ține seama la determinarea speciilor. Astfel, frunzele serate pot fi: acut-serate, obtuz-serate, serulate (fin serate), profund-serate, biserate (de două ori serate), cu dinți egali sau inegali etc. Frunzele dințate pot fi denticulate (fin dințate), cu dinți egali sau inegali, subțiri sau lați etc. Cele crenate pot fi crenulate, bicrenate, egal sau inegal crenate etc. De asemenea, unele frunze pot prezenta combinații între două forme: ele pot fi crenato-dentate, crenato-serate, serato-dințate etc.

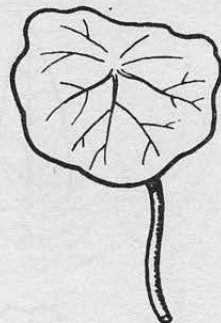


Fig. 311. Frunză peltată de călțunași (după Grințescu).

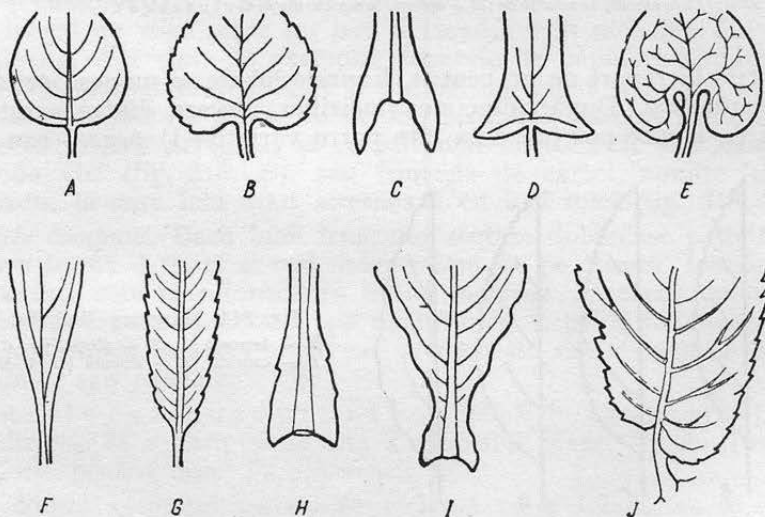


Fig. 312. Baza limbului foliar:

A — rotundă, la păr; B — cordată, la viorea; C — sagitată la drob; D — hastată, la măcriș; E — reniformă, la popivnic; F — cuneată, la bănuți; G — ascuțită, la salcie; H — dilatată, la susai; I — auriculată, la tutun; J — asimetrică, la ulm (după Grințescu).

Marginea frunzei cu incizii mari și mai adânci se numește *lobată*, iar segmentele de limb se numesc *lobi*. După cum lobii sînt dispuși de o parte și de alta a axului, ca barbele unei pene, sau radial la extremitatea axu-

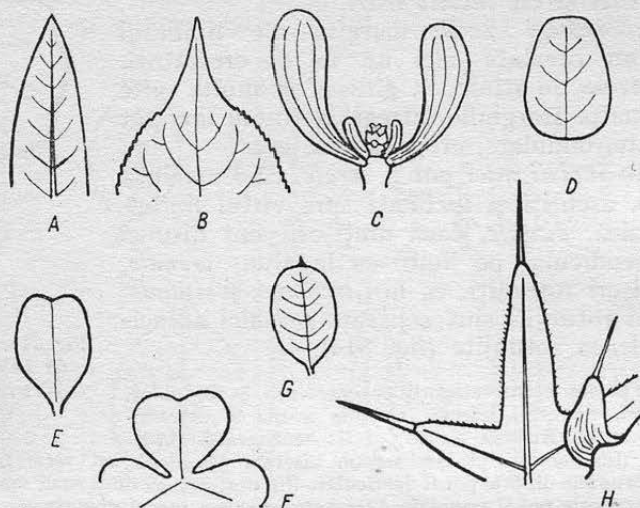


Fig. 313. Cîteva forme ale vîrfului limbului foliar:

A — ascuțit, la salcie; B — acuminat, la mălin; C — obtuz, la visc; D — truncchiat, la *Coronilla*. E — emarginat, la *Colutea*; F — obcordat, la *Oxalis*; G — mucronat, la mazărice; H — spinos, la scaiet (după Grințescu).

lui, simetric în raport cu un centru, frunzele lobate se numesc *penatilobate* sau *palmatilobate*. După adîncimea inciziilor, fiecare dintre aceste două categorii de frunze pot prezenta cîte patru variații: 1) *penati-* sau *palma-*

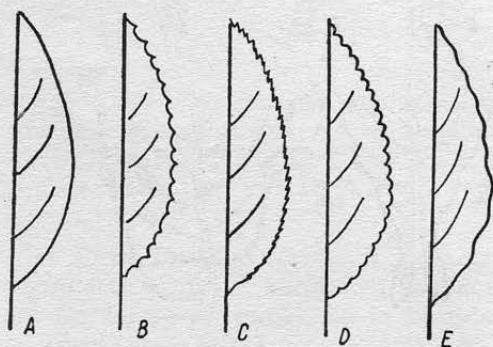


Fig. 314. Marginea limbului foliar:

A — întreagă; B — dințată; C — serată; D — crenată; E — sinuată (după Morariu).

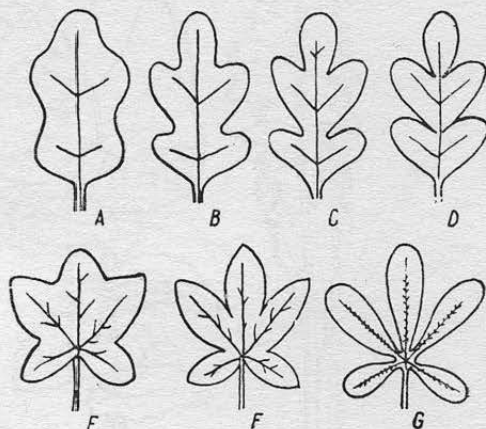
tisinuate, 2) *penati-* sau *palmatifide*, 3) *penati-* sau *palmatipartite* și 4) *penati-* sau *palmatisectate*; după cum inciziile nu trec de o pătrime din lățimea limbului (*sinuate*), ating jumătate din jumătatea lățimii acestuia

(*fide*), trec de jumătate fără însă a atinge axa frunzei (*partite*) sau inciziile ating nervura mediană (*sectate*) (fig. 315, A și B).

Dacă și lobii sau segmentele de limb prezintă incizii, frunzele partite și sectate pot fi bipenati- sau bipalmatipartite, respectiv bipenati- sau bipalmatisectate.

Fig. 315. Frunze lobate :

A — penatilobate; B — penatifide; C — penatipartite; D — penatisectate; E — palmatifide; F — palmatipartite; G — palmatisectate (după Mascré).



Între aceste diferite tipuri de frunze se găsesc numeroase forme intermediare și combinații de forme. De asemenea, există în natură frunze lobate, cu lobi inegal de mari, care nu pot fi încadrate în nici una din categoriile amintite. Așa sînt, de exemplu, frunzele de pădărie, numite *runcinate*, cu lobi triunghiulari inegali și dispuși neregulat (fig. 316, A), frunzele de ridichi, numite *lirate*, cu un lob terminal mare și rotunjit, și cu lobi laterali dispuși neregulat și cu atît mai mici cu cît sînt situați mai departe de vîrf (fig. 316, B), sau frunzele de cartof, numite *întrerupt-penatisectate*, la care lobi mari alternează cu lobi mici (fig. 316, C).

Frunzele compuse. Dacă lobii frunzelor sectate dobîndesc pețioluri proprii, iau o formă definită și cad independent de pe frunză, fosele frunze simple sectate s-au transformat în *frunze compuse*. În cazul acestora din urmă, lobii se numesc *foliole*. După modul cum se prind foliolele de fosta nervură principală, care în acest caz se numește *rahis*, frunzele compuse pot fi *penate* sau *palmate*.

Frunzele compuse penate au foliole înzestrate cu pețiol propriu și dispuse de o parte și de alta a rahisului. Acest tip de frunze este caracteristic pentru fam. *Papilionaceae*.

Dacă frunza compusă penată se termină cu o foliolă, ea se numește *imparipenată*; așa este frunza de salcîm (fig. 317, A). Dacă foliola terminală a dispărut sau s-a transformat într-un cîrcel, frunza compusă se numește *paripenată* (fig. 317, B); așa este frunza de mazăre, *Lathyrus* etc. Cînd rahisul unei frunze compuse se ramifică și foliolele se prind de aceste

ramuri de ordinul I, frunzele se numesc *dublu-penat-compuse* sau *bipenat-compuse*; așa sînt frunzele de glădiță (fig. 317, C).

Frunzele compuse palmate au totdeauna un număr nepe-reche de foliole: trei, cinci sau șapte. Au trei foliole frunzele de trifoi,

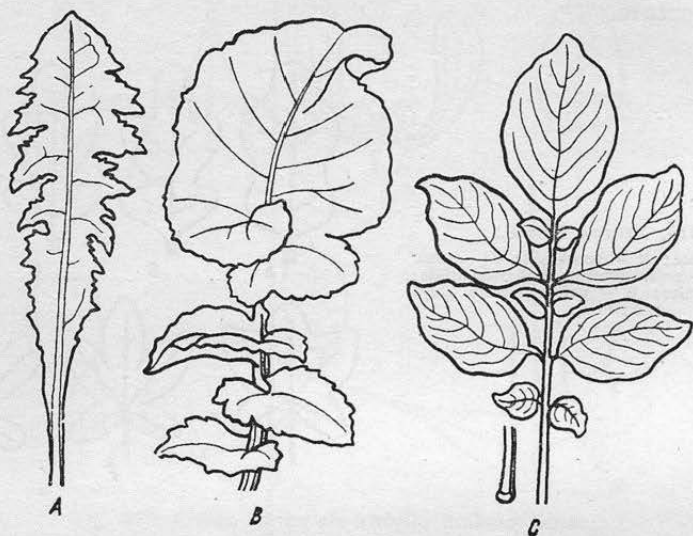


Fig. 316. Frunze cu lobi dispuși neregulat:

A — frunză runcinată de păpădie; B — frunză lirată de ridiche; C — frunză intrerupt-penatisectată de cartof (după Grințescu).

lucernă, fasole etc. (fig. 318, A), cinci foliole — frunzele plantei cinci degete; șapte foliole — frunzele de castan sălbatic, lupin etc. (fig. 318, C, D). Un caz particular de frunze de tip palmat îl prezintă spinzul

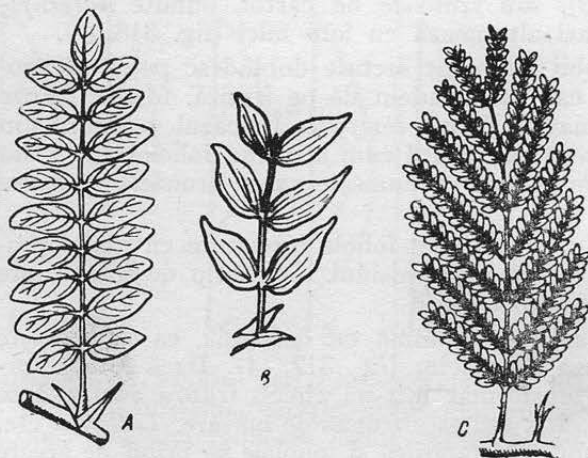


Fig. 317. Frunze compuse penate:

A — frunză imparipenată de salcîm;
B — frunză paripenată de *Lathyrus*;
C — frunză bipenatcompusă de glădiță
(după Grințescu).

(fig. 318, *E*) la care unele foliole sînt dispuse la extremitatea rahisului, iar altele la capătul a două ramuri inferioare ale acestuia. Frunzele de spînz se numesc *pedate*.

d) *Fecile limbului* prezintă numeroase variații, care se referă atît la suprafața cît și la culoarea lor. Suprafața limbului poate fi *netedă*, ca la

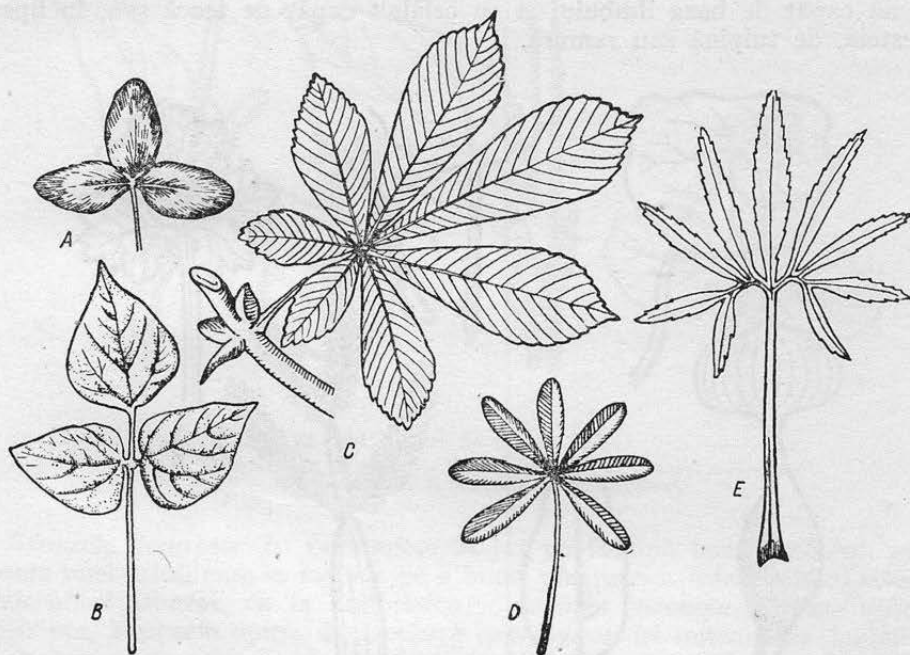


Fig. 318. Frunze compuse palmate:

A — frunză de trifoi; *B* — frunză de soia; *C* — frunză de castan sălbatic; *D* — frunză de lupin; *E* — frunză pedată de spînz (după Grințescu).

lalea, *aspră*, ca la jaleș, *carinată* sau cu creste, ca la rogoz etc. *Culoarea* limbului poate fi aceeași pe ambele fețe sau diferită. Nuanțele de culori exprimate în limba latină pot servi drept nume de specii. Pentru verde se utilizează adjectivele: *viridis*, *virescens*, *flavo-virens*, *olivaceum* etc.; pentru roșu — *rubrum*, *rubens*, *sanguineum*, *purpurascens* etc.; pentru galben — *aureum*, *flavum*, *luteum* etc. Frunzele cu pete se numesc *maculate*; cele cu dungi de o altă culoare decît fondul verde se numesc *panașate* (alb pe verde), *striate* (cu dungi longitudinale albe sau galbene pe un fond verde), *zebrate*, cu dungi transversale etc.

Morfologia pețiolului

Pețiolul frunzei prezintă mai puține variații decât limbul și acestea, cu rare excepții, nu sînt utilizate pentru determinarea speciilor. Cu excepția frunzelor peltate (v. fig. 311), la care pețiolul se prinde de fața dorsală a limbului, la toate celelalte frunze care au pețiol, acesta se prinde cu un capăt de baza limbului și cu celălalt capăt de teacă sau, în lipsa acesteia, de tulpină sau ramură.

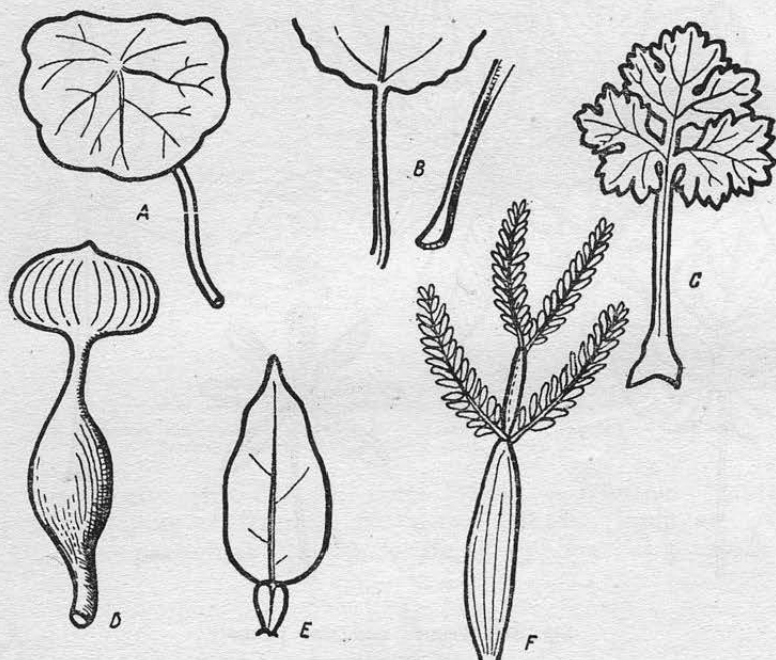


Fig. 319. Diferite tipuri de pețioluri :

A — pețiol cilindric, de călțunași; B — comprimat, de plop; C — dilatat, de piciorul-cocoșului; D — umflat, de *Eichhornia*; E — aripat, de lămii; F — foliaceu (filodiu), de *Acacia* (după Grințescu).

Cele mai des întâlnite forme de pețiol (fig. 319) sînt următoarele: pețiolul *cilindric*, ca la călțunași; *comprimat*, ca la plopul tremurător; *dilat*, ca la piciorul-cocoșului; *umflat*, ca la *Eichhornia crassipes* (numele de specie i s-a dat după forma pețiolului umflat); *aripat*, ca la lămii; *foliaceu* sau *filodiu*, ca la *Acacia*.

Frunzele lipsite de pețiol și de teacă se numesc *sesile* și ele se fixează de tulpină direct cu baza limbului, putînd fi amplexicaule, perfoliate, decurente și concrescute la bază (fig. 320, A—D).

Frunzele *amplexicaule*¹ înconjură parțial tulpina sau ramura, ca la mac, napi, *Hieracium amplexicaule*, *Lamium amplexicaule* etc.

Frunzele *perfoliate* înconjură complet tulpina cu baza limbului, așa încât frunza pare perforată de tulpină, ca la *Thlaspi perfoliatum*, *Bupleurum rotundifolium* etc.

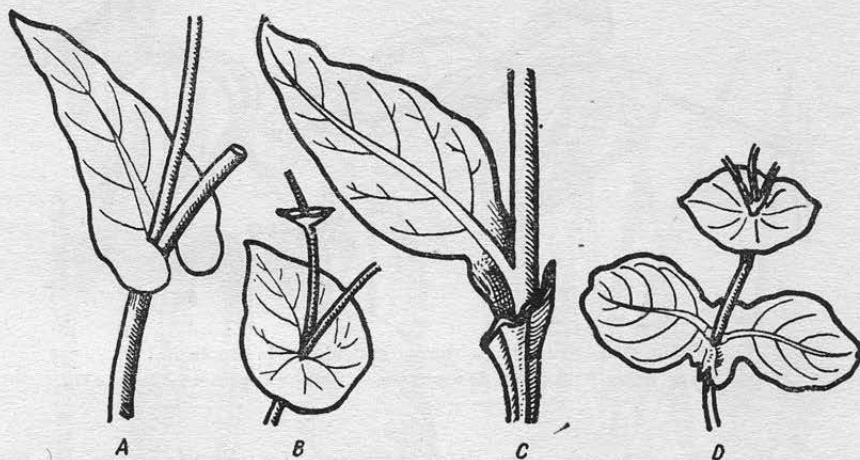


Fig. 320. Tipuri de frunze sesile:

A — frunză amplexicaulă, de nap; B — frunză perfoliată; C — frunză decurentă;
D — frunze concrescute la bază (după Grințescu).

Frunzele *decurente*² își prelungesc în jos pe tulpină baza limbului, sub forma unei aripi, care se întinde pe o bună porțiune a internodiului situat dedesubtul frunzei, ca la luminărică, *Centaurea montana*, *Borago officinalis* etc. Frunzele opuse de *Lonicera caprifolium* își unesc baza limbului și se numesc *concrescute la bază* sau *conate*.

Morfologia bazei frunzei

Baza frunzei este acea parte născută din porțiunea inferioară a primordiului foliar (v. fig. 305), cu care aceasta se fixează de tulpină sau de ramură.

În cazul cel mai simplu, ca la grîușor, mușcată, cireș etc. baza frunzei este reprezentată printr-o dilatație a extremității inferioare a pețiolului. Alteori, ea se dezvoltă într-o *teacă* sau *vagină*, care înconjură tulpina pe o anumită lungime. În cazuri și mai rare, la unele plante din familia *Leguminosae*, cum sînt fasolea, salcîmul, mimoza etc., frunzele au o

¹ De la latin. *amplexus* = îmbrățișare și *caulis* = tulpină.

² De la latin. *decurrens* = care coboară.

bază articulată, în sensul că între tulpină și baza pețiolului se interpune o umflătură cărnoasă, numită și umflătură motoare, deoarece frunzele care o posedă execută mișcări de „veghe” și de „somn” (mișcări nictinastice), al căror „sediu” se află în această articulație (fig. 321).

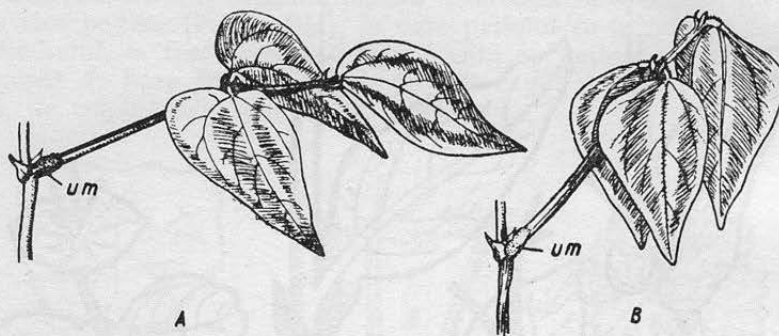


Fig. 321. Frunze cu bază articulată, la fasole:

A — poziție de veghe; B — poziție de somn; um — umflătură motoare (după Troll).

Teaca frunzelor poate prezenta diferite forme. La graminee, ea are forma unui tub cilindric despicat longitudinal, care ia naștere la un nod și înconjură internodiul de deasupra pe o bună parte din lungimea sa, servind la susținere și la apărarea meristemelor intercalare de la baza internodiului (fig. 322, A). Ea se continuă direct cu limbul, pețiolul lipsind la aceste plante. La *Cyperaceae*, teaca nu este despicată, ci întreagă (B, fig. 322). La *Umbelliferae*, frunzele sînt înzestrate cu o teacă foarte voluminoasă și umflată (C, fig. 322).

La unele plante, ca pipirigul, *Scirpus* etc., întreaga frunză se reduce numai la teacă, funcțiunea de fotosinteză fiind îndeplinită de tulpină (fig. 322, D).

Anexele bazei frunzelor. Același segment inferior al primordiului foliar care dă naștere bazei frunzei, mai poate produce și unele anexe ale acesteia, de natură foliară, care pot îmbrăca forma de stipele, ligulă sau ohrea.

Stipelele apar în special la frunzele a căror bază este lipsită de teacă, ca niște lame verzi, dispuse în perechi, la baza pețiolului. De regulă, mai mici decît frunzele, stipelele pot avea forme asemănătoare cu cele amintite la limb: ovale, cordate, reniforme, hastate etc.

La mulți arbori, stipelele nu ajung să înverzească, ci rămîn sub forma unor solzi membranoși care cad în timpul deschiderii mugurilor (tei, fag, ulm, mestecăn, carpen etc.). Ele se numesc *caduce*. La alte plante, ca *Rosa*, mazăre etc., stipelele cad odată cu frunza; ele se numesc *persistente*.

La mazăre, stipelele sînt mai mari decît foliolele frunzei și au rol asimilator (fig. 323, *B*); la *Galium aparine*, ele sînt egal de mari și se deosebesc de frunze numai prin faptul că n-au muguri axilari la bază (fig. 323, *D*). La salcîm, stipelele persistente se transformă în țepi

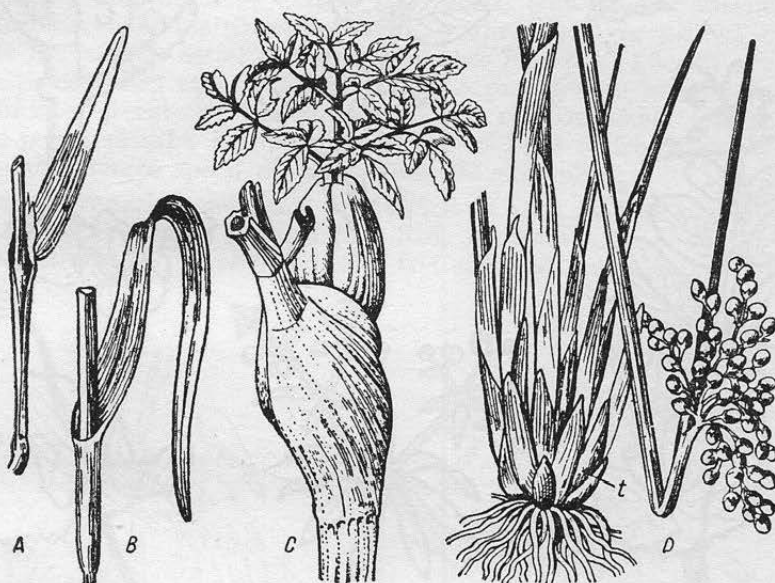


Fig. 322. Teaca frunzei:

A — teacă spintecată de graminee; *B* — teacă întreagă de ciperacee; *C* — teacă umflată de umbelifere; *D* — frunze reduse la teacă (*t*) de pipirig (după Grințescu).

(v. fig. 315, *A*), la *Smilax* în cîrcei (323, *E*), la unele specii de *Lathyrus* ale căror frunze nu se dezvoltă, stipelele țin locul acestora (fig. 323, *F*).

Ligula este o lamă membranoasă, prezentă la frunzele alcătuite numai din teacă și limb. La graminee, ea se află la limita dintre teacă și limb, lipită fiind de tulpină și avînd rolul de a împiedica pătrunderea apei, a sporilor de ciuperci sau a larvelor parazite în teacă (fig. 324). Este probabil că ligula a luat naștere prin concreșterea unei perechi de stipele.

Ohrea este o anexă a bazei frunzei caracteristică pentru plantele din fam. *Polygonaceae*, avînd forma de cornet sau de pîlnie membranoasă care învelește baza internodiilor tulpinii. Ohrea, de asemenea, provine din concreșterea stipelelor.

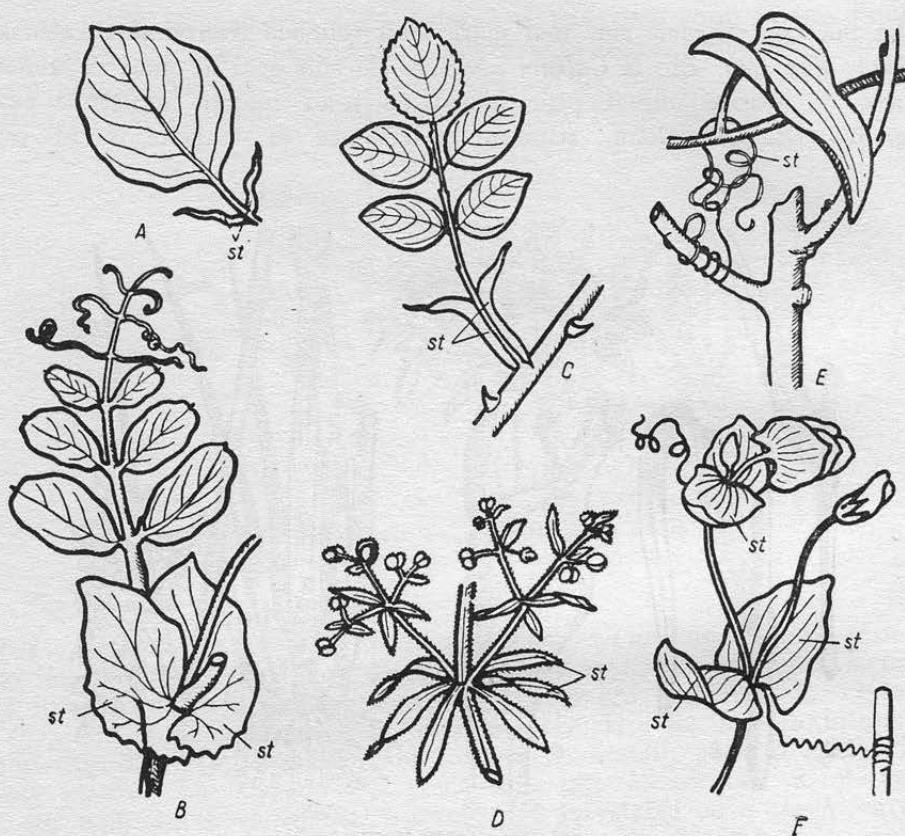


Fig. 323. Tipuri de stipele :

A — stipele de fag; B — stipele de mazăre (st); C — stipele de trandafir sălbatic; D — stipele de sînziene; E — stipele transformate în circei de *Smilax*; F — stipele foliacee la *Lathyrus aphaca* (după Grințescu).

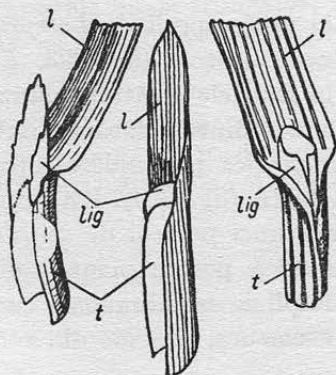


Fig. 324. Forme de ligulă la graminee :

l — limb; lig — ligulă; t — teaca frunzei (după Grințescu).

b. Așezarea frunzelor pe tulpină. Filotaxia

Frunzele nu sînt așezate pe tulpină la voia întîmplării. Ele sînt distribuite după anumite reguli, cu a căror studiu se ocupă *filotaxia*¹. Se știe că frunzele se prind de tulpină la noduri. La unele plante, creșterea intercalară a tulpinii fiind extrem de redusă, frunzele par inserate toate la același nivel, la înălțimea solului (pădăcie, sfecla în primul an, *Digitalis* etc.). Frunzele astfel dispuse se numesc în rozetă sau „radicale”, în opoziție cu acelea care, pe tulpină, sînt separate prin internodii de lungimi diferite, și care se numesc caulinare. De altfel, una și aceeași plantă, poate să aibă o rozetă de frunze la bază și frunze caulinare sus pe tulpină (diverse specii de *Hieracium*, de exemplu).

Așezarea frunzelor caulinare pe tulpină se face în trei moduri: *altern*, cîte o frunză izolată la un nod (fig. 325, A), *opus*, cîte două frunze față în față (fig. 325, B) și *verticilat*, cîte trei sau mai multe frunze la un nod (fig. 325, C).

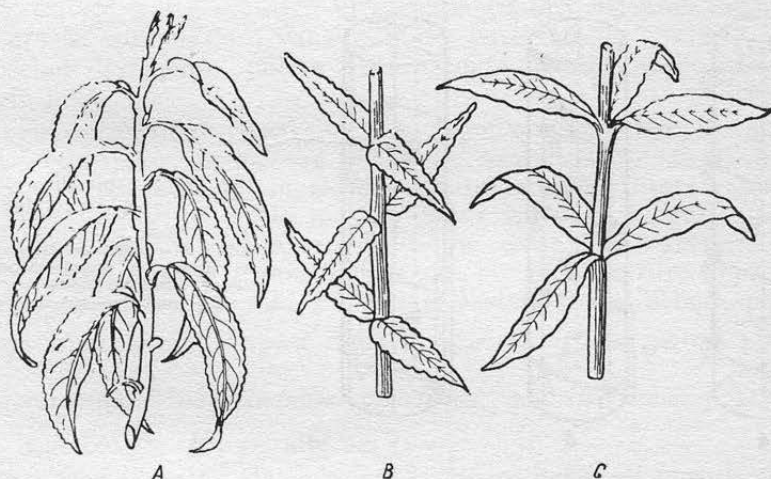


Fig. 325. Dispoziția frunzelor pe tulpină:

A — alternă; B — opusă; C — verticilată (după Grințescu).

Această așezare a frunzelor pe tulpină depinde de spațiul de care dispun primordiile frunzelor pe vârful vegetativ, de forma și dezvoltarea ulterioară a acestor primordii, precum și de o serie de factori externi, în primul rînd de lumină.

¹ De la grec. *phyllon* = frunză și *taxis* = rînduială.

a) *Așezarea alternă* a frunzelor pe tulpină se face de-a lungul unei spirale care se obține dacă se unesc punctele de inserție a acestora, respectând ordinea apariției sau vârstei lor. Aceasta este *spirala generatoare*. Porțiunea spiralei generatoare care ține de la o frunză pînă la o alta situată exact deasupra sau dedesubtul ei, se numește *ciclu* (fig. 326, A). Un ciclu poate fi format din una, două sau mai multe învîrtituri în jurul tulpinii (fig. 326, A, B, C). Pe traseul spiralei generatoare, frunzele alterne sînt dispuse în mod regulat. Dacă se unesc prin linii verticale punctele de inserție ale frunzelor suprapuse, se obține un număr constant de linii echi-distante pe care sînt așezate frunzele una sub alta, numite *ortostihuri*. Numărul de ortostihuri este caracteristic pentru anumite familii sau specii: gramineele au două, arinul, mestecănușul, rogozul etc. au cîte trei, părul, piersicul etc. au cîte cinci ortostihuri.

Ducînd cîte un plan de simetrie prin punctele de inserție a două frunze vecine (A și B, fig. 326) de pe spirala generatoare, cele două planuri se întretaie în centrul tulpinii și formează un unghi diedru numit *unghi de divergență*, a cărui valoare este constantă la o aceeași specie. Valoarea numerică a unghiului de divergență se exprimă prin fracțiuni de circum-

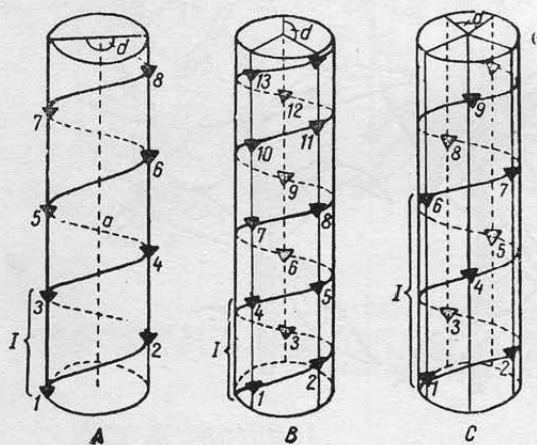


Fig. 326. Schema dispoziției frunzelor pe tulpină:

A — distihă; B — tristihă; C — pentastihă; d — unghi de divergență; liniile verticale de pe tulpină arată ortostihuri, cifrele iar succesiunea frunzelor; I — un ciclu (după Morariu).

ferință, numite *divergențe*. Divergența se scrie sub forma unei fracții, al cărui numărător arată numărul spirelor unui ciclu, iar numitorul arată numărul total al frunzelor situate pe acest ciclu. În divergența $\frac{1}{2}$, ciclul are o singură spirală, pe el se prind două frunze, unghiul de divergență dintre ele este de $180^\circ \left(360 \times \frac{1}{2}\right)$, sînt două ortostihuri pe tulpină, frunza care se suprapune peste aceea de la care s-a pornit (notată, de exemplu, cu nr. 1), este frunza a treia. În divergența $\frac{1}{3}$, ciclul constă tot dintr-o

spiră, tulpina are trei ortostihuri, unghiul de divergență este de 120° ($360 \times \frac{1}{3}$), iar frunza care se suprapune peste cea cu nr. 1 este frunza a patra. În divergența $\frac{2}{5}$, ciclul are două spire, pe el se inseră cinci frunze, tulpina are deci cinci ortostihuri, valoarea unghiului de divergență este de 144° ($360 \times \frac{2}{5}$), frunza care se suprapune celei cu nr. 1 fiind frunza a șasea (fig. 326, C) etc.

Cele mai des întâlnite divergențe la plante sînt: $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{3}$; $\frac{2}{5}$; $\frac{3}{8}$; $\frac{5}{13}$ și mai rar $\frac{8}{21}$ și $\frac{13}{34}$. Examînd atent succesiunea acestor divergențe, se constată că începînd cu a treia din serie, fiecare divergență reprezintă suma celor două divergențe care o preced, adunate numărător cu numărător și numitor cu numitor. Acest fapt a fost descoperit de botaniștii C. Schimper și A. Braun și, de aceea, fracțiile aranjate în felul acesta poartă numele de *șirul de divergențe a lui Schimper—Braun*. Numărătorii și numitorii acestor fracții urmează așa-numita serie a lui Fibonacci. Cu cît crește valoarea divergenței cu atît valoarea unghiului de divergență se apropie de o valoare-limită, care este de $137^\circ 30'$.

Cunoscînd divergența, putem deduce toate detaliile dispoziției frunzelor pe tulpină.

În regiunea vîrfului vegetativ însă, regulile divergenței, în special în cazul divergențelor cu valoare mare, nu se aplică. De asemenea, cînd numărul de ortostihuri este mare, în realitate nu există frunze exact suprapuse; ortostihurile au și ele un mers ușor spiral în lungul tulpinii, așa fel încît frunzele nu se umbresc unele pe altele. La plantulele de *Alliaria*, *Aloe* etc., primele frunze sînt opuse, iar frunzele care apar mai tîrziu trec la așezarea alternă. La stejar, castan și alți arbori, pe lăstarii ortotropi frunzele sînt dispuse după divergența $\frac{2}{5}$, iar pe cei plagiotropi după divergența $\frac{1}{2}$; la *Rhamnus cathartica*, ramurile tinere poartă frunze opuse, cele bătrîne frunze alterne.

Pentru aceste abateri de la regulile divergenței, unii autori contemporani, la propunerea lui L. Plantefol (1946), au abandonat *teoria spiralei generatoare unice* și au înlocuit-o cu *teoria elicelor foliare multiple*. După această teorie, frunzele se inseră pe tulpină după una sau mai multe elice care-și au originea în vîrful vegetativ, și anume în mai mulți centri generatori, situați în inelul inițial (v fig. 257). La monocotiledonate ar exista două sau trei asemenea elice, la dicotiledonate, de regulă, două. La originea unei elice stă un „centru generator”, care produce primordiile foliare succesive.

b) *Așezarea opusă* se caracterizează prin inserția la același nod a două frunze, așezate față în față, unghiul de divergență dintre ele fiind de 180° .

Rareori tulpinile cu frunze opuse posedă numai două ortostihuri (ca, de exemplu, *Coffea*); de regulă, în cazul frunzelor opuse, frunzele unui nod sînt așezate într-un plan perpendicular pe cel al frunzelor nodului superior sau inferior, în așa fel încît toate

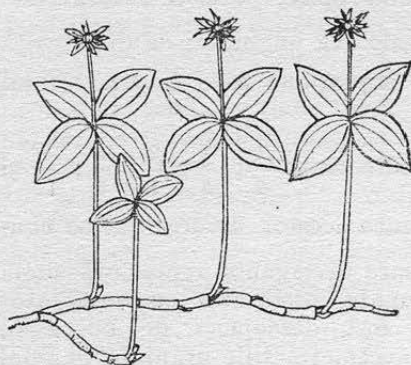


Fig. 327. Verticil de patru frunze la *Paris quadrifolia* (după Strasburger).

nodurile cu soț au frunzele dispuse într-un plan, iar cele fără soț într-un alt plan, perpendicular pe primul (v. fig. 325, B). O astfel de așezare a frunzelor se numește *decusată*¹, și se întîlnește la labiate, la frasin, arțar, castan sălbatic etc. În acest caz, tulpinile respective au patru ortostihuri și unghiul de divergență dintre două frunze consecutive este numai de 90°.

c) *Așezarea verticilată* se caracterizează prin inserția a trei sau mai multe frunze la un nod. Au verticile de cîte trei frunze tulpinile de *Nerium oleander*, *Lysimachia vulgaris* (v. fig. 325, C), *Elodea canadensis*, *Juniperus communis* etc.; de cîte patru frunze: *Paris quadrifolia* (fig. 327), *Lisimachia quadrifolia* etc.; cîte mai multe frunze într-un verticil au tulpinile de *Hippuris vulgaris*, *Myriophyllum*, *Equisetum* etc. Uneori frunzele unui verticil se suprapun peste cele ale verticilului inferior (*Euphorbia lathyris*), altele alternează cu ele (*Asperula odorata*). La *Asperula* și *Galium*, verticilele sînt formate din frunze și din stipele, care au aceeași formă și mărime ca și frunzele.

c. Tipuri de frunze în dezvoltarea ontogenetică a plantei

Urmărind succesiunea în timp a diferitelor organe foliare care apar pe tulpină în decursul dezvoltării ontogenetice a acesteia se observă cum la începutul și la sfîrșitul dezvoltării ei tulpina produce frunze reduse ca mărime, cu forme și structuri mult deosebite de cele ale frunzelor tipice.

Se pot distinge patru categorii diferite de astfel de organe foliare care se perindă la diferite intervale pe tulpină, și anume: *cotiledoane*, *catafile*, *nomofile* și *hipsofile*.

a) *Cotiledoanele* sînt primele organe foliare ale embrionului care nu iau naștere din vîrfuri vegetative ca celelalte trei categorii, ci din meristemul încă nediferențiat al acestuia. În mod excepțional, în sămînța unor plante parazite, ca: vîscul, torțelul, lupoaia etc., embrionul este foarte rudimentar și lipsit de cotiledoane. Astfel de plante sînt *acotiledonate*. Toate cele-

¹ De la latin. *decussare* = a împărți cruciș.

alte plante autotrofe au embrion prevăzut cu cotiledoane și se numesc plante *cotiledonate*.

Numărul cotiledoanelor la angiosperme este de unu sau două, la gimnosperme de 2—15.

La multe plante cotiledoanele sînt scurte, groase și cărnoase, legate de embrion printr-un pețiol scurt și ele servesc drept organe de depozitare pentru materiile de rezervă necesare dezvoltării embrionului. La monocotiledonate, cotiledonul servește ca organ de absorbție.

În timpul încolțirii seminței, cotiledonul monocotiledonatelor rămîne totdeauna în pămînt, pe cînd cele ale dicotiledonatelor pot sau să rămîină în pămînt (cotiledoane *hipogee*, la mazăre, nuc, castan sălbatic etc.) sau să iasă deasupra (cotiledoane *epigee*, la fasole, dovleac, floarea-soarelui, fag etc.). În general, cotiledoanele au viață scurtă: pe măsură ce se dezvoltă plantula, ele se golesc de materii de rezervă, se zbîrcesc și cad. Fac excepție unele plante, ca *Urtica urens* sau *Veronica hederifolia*, la care cotiledoanele pot trăi mai multe luni și pot îndeplini funcțiunea de fotosinteză.

b) *Catafilele*¹, numite și *frunze inferioare*, apar, în ordinea succesiunii, după cotiledoane. Ele iau naștere din segmentul inferior al primordiilor foliare și au mărimi mai reduse și forme mai simple decît frunzele tipice. De multe ori, catafilele constau numai din teaca frunzei, ușor mărită.

Sînt catafile: solzii mugurilor, frunzele reduse ale rizomilor, tuberculilor și bulbilor solzoși. În general, rolul catafilelor este de apărare, mai rar ele pot servi și ca organe de depozitare.

c) *Nomofilele*², numite și *frunze mijlocii*, sînt frunzele normale, cu forme caracteristice pentru anumite specii de plante, avînd toate părțile alcătuitoare bine dezvoltate. Ele constituie echipamentul asimilator al tulpinii. Toate considerațiile morfologice expuse mai înainte s-au referit la acest tip de frunze.

În cadrul nomofilelor există adesea mari deosebiri de formă între *protofile* — frunzele care apar cele dintîi la plantulă, numite și „frunze de tinerțe” (Jugendblätter) —, și *metafile*, frunze care apar mai tîrziu, la planta matură. Astfel, la mazăre, protofilele au numai o pereche de foliole, pe cînd metafilele au mai multe; la spînz, protofilele sînt mai puțin divizate. La o plantulă de fasole (fig. 328, A) sau la una de frasin (fig. 328, B), protofilele sînt întregi, pe cînd metafilele sînt frunze compuse, dar la început cu mai puține foliole. Fenomene asemănătoare se pot întîlni la *Fragaria* (fig. 329), *Polemonium* și alte plante. *Eucalyptus* are frunzele protofile sesile, ovale așezate opus și cu limbul orientat orizontal (fig. 330, A), pe cînd metafilele aceleiași specii au pețiol, sînt așezate altern, au forma de coasă și stau orientate cu muchia vertical (fig. 330, B), fapt care are urmări și asupra structurii lor. Multe dintre plantele citate pot prezenta toate formele de trecere dintre protofile și metafile.

¹ De la grec. *kata* = în jos și *phyllon* = frunză.

² De la grec. *nomos* = lege și *phyllon* = frunză.

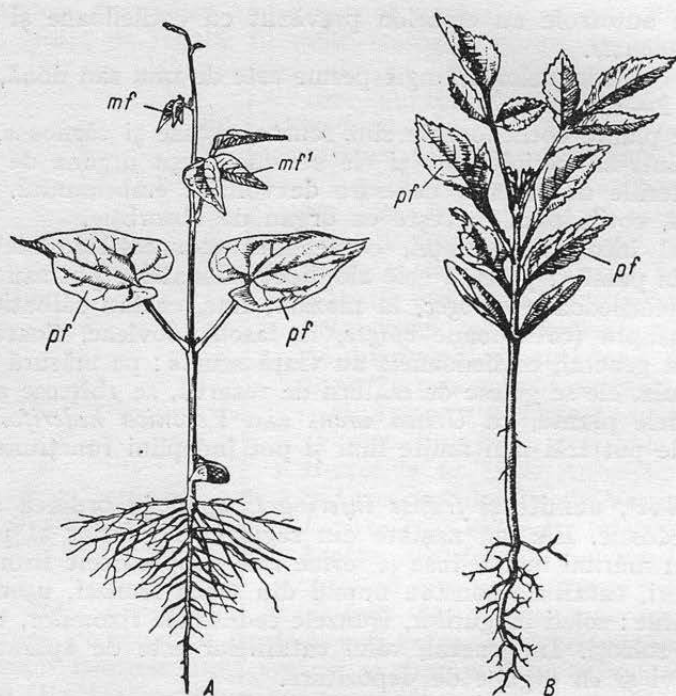


Fig. 328. Protofile (*pf*) și metafile (*mf*) la fasole (*A*) și la frasin (*B*) (după Troll).

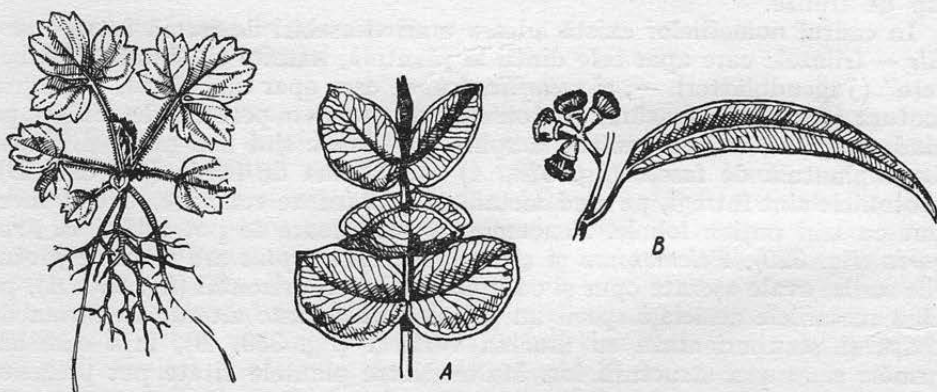


Fig. 329. Plantulă de *Fragaria vesca*. Primele frunze se deosebesc ca formă de cele apărute ulterior (după Ullrich).

Fig. 330. *Eucalyptus amygdalina*:
A — ramură foarte tină; *B* — fragment de ramură adultă, cu flori (după Ullrich).

d) *Hipsofilele*² numite și *frunze superioare* sînt ultimele organe de natură foliară care apar pe tulpină la epoca înfloririi și sînt situate sus, în regiunea florilor. Ele reprezintă forme reduse de nomofile. Sînt hipsofile *bracteele*, frunze reduse la subsuoara cărora apar florile, bracteea care însoțește inflorescența de tei (fig. 331, A), *spata* care învelește florile de

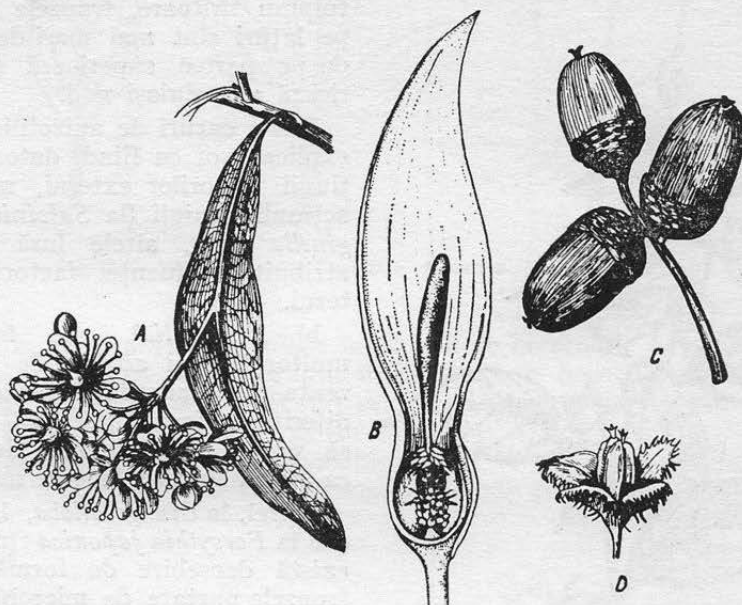


Fig. 331. Tipuri de hipsofile:

A — la *Tilia cordata*; B — la *Arum maculatum*; C — cupa ghindei de stejar; D — cupa jirului de fag (după Strasburger).

Araceae (fig. 331, B), *caliciul* florilor și *caliculul* suplimentar de la nalbă, fragă etc., *cupa* fructelor de stejar (fig. 331, C), castan, fag (fig. 331, D), *involucrul* și *involucelul* inflorescențelor de umbelifere, *glumele* și *glumelele* la graminee.

Anizofilia, heterofilia și mozaicul foliar

Variații privind forma și mărimea frunzelor unei aceleiași specii apar nu numai în decursul dezvoltării ontogenetice a tulpinii, ci și pe plantele adulte. Dintre acestea, cele mai interesante sînt anizofilia, heterofilia și mozaicul foliar.

¹ De la grec. *hypsos* = înălțime și *phyllon* = frunză.

a) *Anizofilia*¹ este însușirea multor plante de a prezenta, pe ramurile lor plagiotrope, la același nod, frunze de aceeași formă, dar inegale ca mărime, în timp ce pe ramurile lor ortotrope, frunzele de la același nod sînt egale.

Cazuri tipice de anizofilie prezintă mătrăguna (fig. 332), *Salvinia*, *Selaginella* etc. La *Selaginella martensii*, cu patru șiruri de frunze în lungul tulpinii tîrtoare, frunzele așezate pe laturi sînt mai mari decît cele de pe partea superioară și inferioară a aceluiași nod.



Fig. 332. Anizofilie la mătrăgună (după Strasburger).

Unele cazuri de anizofilie se pot explica ușor ca fiind datorită acțiunii factorilor externi, mai ales acțiunii luminii (la *Salvinia*, *Selaginella* etc.), altele însă trebuie atribuite influenței factorilor interni.

b) *Heterofilia*² este însușirea multor tulpini adulte de a prezenta de-a lungul lor frunze foarte diferite ca formă, fără ca acestea să poată fi considerate deosebite ca vîrstă (protofile sau metafile).

Astfel, la *Ginkgo biloba*, la plop, sau la *Forsythia japonica* (fig. 333) există deosebire de formă între frunzele purtate de microblaste și cele de pe macroblaste.

La multe plante de apă, ca, de exemplu la *Ranunculus aquatilis* (fig. 334), frunzele submerse sînt foarte fin și adînc sectate, pe cînd cele din aer sînt puțin crestate sau chiar întregi. Fenomenul acesta se numește *dimorfism foliar*, planta prezentînd două feluri de frunze. Săgeata apei însă (*Sagittaria sagittifolia*) prezintă un caz de *trimorfism foliar* (fig. 335): frunzele aeriene sînt sagitate (a), cele plutitoare sînt reniforme (b), iar cele submerse au forme de panglici (c). De asemenea, dudul (*Morus nigra*) (fig. 336) poate prezenta chiar mai multe feluri de frunze, diferite ca formă (*polimorfism foliar*). La *Hedera helix*, ramurile sterile poartă frunze pentalobate (fig. 337, B), pe cînd cele fertile furnze ovale (fig. 337, A).

¹ De la grec. *anisos* = neegal și *phyllon* = frunză.

² De la grec. *heteros* = diferit și *phyllon* = frunză.

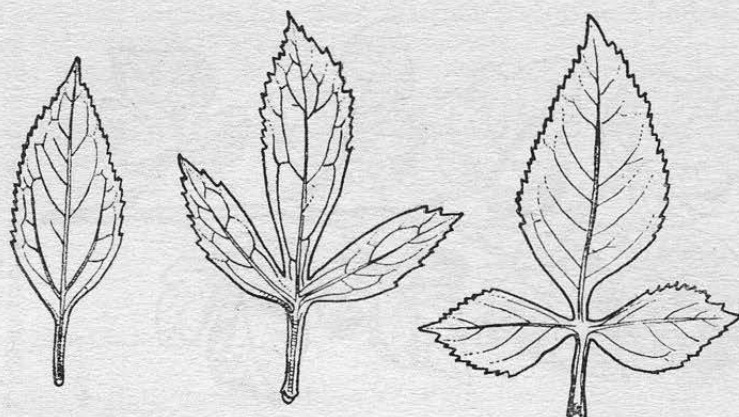


Fig. 333. Heterofilie la *Forsythia japonica* (după Ullrich).

Ca și în cazul anizofiliei, unele fenomene de heterofilie pot fi ușor explicate prin acțiunea factorilor din mediul extern (cazurile de la plantele acvatice), pe când altele, cum sînt cele de la *Hedera*, *Morus* sau *Forsythia*, nu pot fi explicate decît prin cauze interne.

c) *Mozaicul foliar* este fenomenul întîlnit la multe plante care trăiesc în umbra pădurilor și la care frunze de vîrste și mărimi diferite, situate

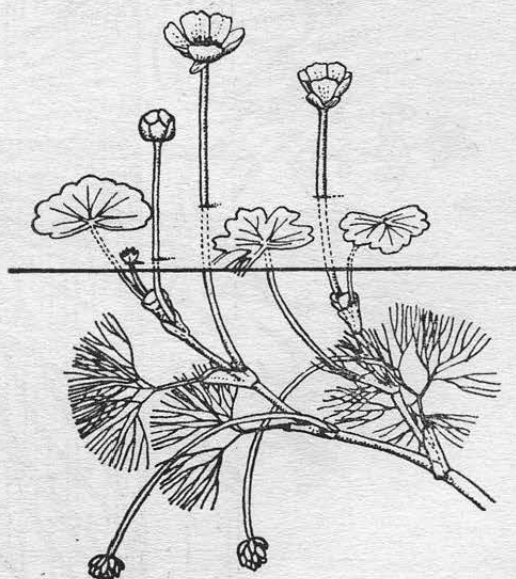


Fig. 334. Heterofilie la *Ranunculus aquatilis* (după Strasburger).

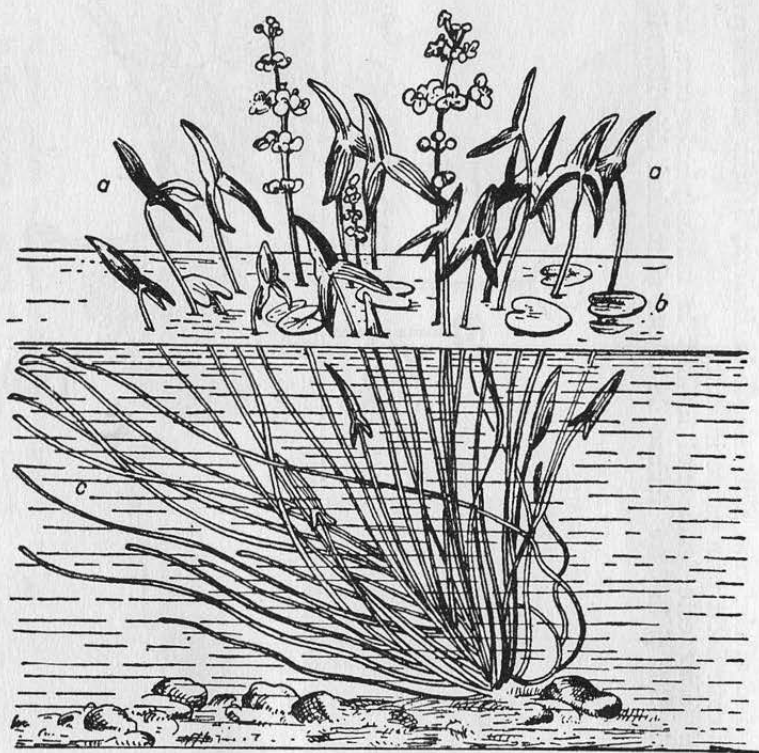


Fig. 335. Polimorfism foliar la săgeata apei:
 a — frunze aeriene sagitate; b — frunze plutitoare reniforme; c — frunze submerse liniare (după Bonnier).

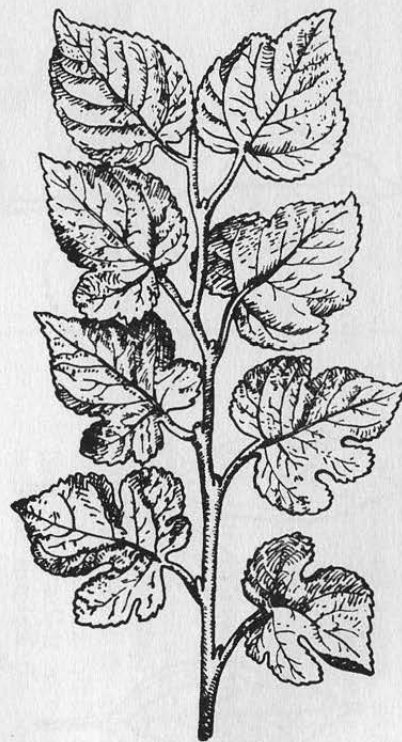


Fig. 336. Polimorfism foliar la dud (după Hegi).

la noduri diferite, se ridică la aceeași înălțime și-și dispun limbul în același plan, formînd o suprafață asimilatoare în mozaic

Așezarea frunzelor „în mozaic” se datorește acțiunii luminii asupra lor și ea se realizează grație plasticității pețiolurilor, care, prin creșteri diferite, îndoiri și torsiuni de tot felul, aduc frunzele de la diferite noduri pînă la același nivel.

Exemple tipice de mozaic foliar prezintă *Begonia*, arțarul, iedera, castanul sălbatic (fig. 338) etc.

Așezarea frunzelor în muguri

În mugur, înainte de deschiderea acestuia, frunzele sînt silite să ocupe un spațiu cît mai redus, fără a se stingheri prea mult unele pe altele. Ele, de regulă, se pliază sau își îndoaie marginile într-un sens sau într-altul.

Modul de așezare al frunzelor în mugur, considerînd *fiecare frunză separat*, indiferent de relațiile ei cu frunzele vecine, se numește *prefoliație*, și de acest caracter se ține seama la determinarea arborilor în timpul iernii.

Prefoliația prezintă mai multe tipuri (fig. 339). Ea poate fi:

1. *plană*, ca la pin, la care cele două frunze stau în mugur una în fața celeilalte (fig. 339, A);

2. *conduplicată*, ca la ulm, alun etc. cînd frunza este împăturită în două de-a lungul nervurii sale mediane, cele două jumătăți de limb suprapunîndu-se cu fața dorsală (fig. 339, B);

3. *plicată*, ca la fag, carpen, arțar etc., cînd limbul frunzei este plisat de-a lungul nervurilor laterale (fig. 339, C);

4. *reclinată*, ca la omag, *Liriodendron* (fig. 339, D) etc., cînd frunza este îndoită de-a latul, în așa fel încît jumătatea ei superioară se suprapune peste cea inferioară;

5. *involută*, ca la plop, păr etc., la care marginile limbului sînt răsucite spre fața ventrală (fig. 339, E);

6. *revolută*, cînd ele se răsucesc spre fața dorsală, ca la măcriș, ciuboțica cucului etc. (fig. 339, F);



Fig. 337. Dimorfism foliar la iedera:

A — ramură fertilă cu frunze ovale;
B — ramură sterilă cu frunze lobate
(după Grințescu).



Fig. 338. Mozaic foliar la castan sălbatic (după Strasburger).

7. *convolută*, cînd întregul limb se înfășoară, ca o țigară de foi, ca la lăcrămioare, banan etc. (fig. 339, G);

8. *circinată*, ca la ferigi (fig. 339, H), la care întreg limbul este răsucit ca o cîrjă.

Frunzele vecine în interiorul mugurului încă nu sînt îndepărtate una de alta prin creșteri intercalare, și, ca atare, marginile lor se ating sau se



Fig. 339. Tipuri de prefoliație:

A — plană, la pin; B — conduplicată, la ulm; C — plicată, la fag (a — mugur, b — mugur deschis; c — pliurile frunzei; d — secțiune transversală prin frunză); D — reclinată, la *Liriodendron*; E — involută, la plop; F — revolută, la ștevie; G — convolută, la lăcrămioare; H — circinată, la ferigi (după Grințescu).

acoperă unele pe altele în mod diferit. Fenomenul acesta poartă numele de *foliație* și, de asemenea, el poate prezenta mai multe variații.

Foliația poate fi:

a) *liberă* sau *apertă*, cînd frunzele unui verticil se răsucesc în mugur în mod independent, fără a se atinge unele pe altele, ca la plop, ulm, palmier etc.;

b) *valvată* (fig. 340, A), cînd toate frunzele unui ciclu se ating prin marginile lor, fără a se acoperi. Acest mod de foliație, de altfel ca și cele urmă-

toare, se întâlnesc și au o mare importanță mai ales pentru piesele florale, dispuse în verticil (petale);

c) *contortă*, la care frunzele unui ciclu se acoperă parțial unele pe altele, în așa fel că mugurul privit de sus pare răsucit spre dreapta sau spre stînga (fig. 340, B, C). Plantele cu o astfel de foliație se numesc *contorte* (volbura, gențiana etc.);

d) *imbricată*, la care fiecare frunză acoperă pe jumătate frunza precedentă, una dintre ele rămînînd complet externă, cealaltă fiind complet acoperită. După cum frunza complet exterioară se găsește sus sau jos, foliația imbricată poate fi *descendentă* sau *ascendentă* (fig. 340, D, E);

e) *echitantă*, la frunzele alterne și plisate în lung, în cazul cînd frunzele cele mai externe acoperă pe cele mai interne (stînjinel, rogoz) (fig. 340, G, H);

f) *obvolută* sau *semiechitantă*, în cazul cînd dintre două frunze răsucite una prinde o jumătate din cealaltă, ca la jeleș (fig. 340, I).

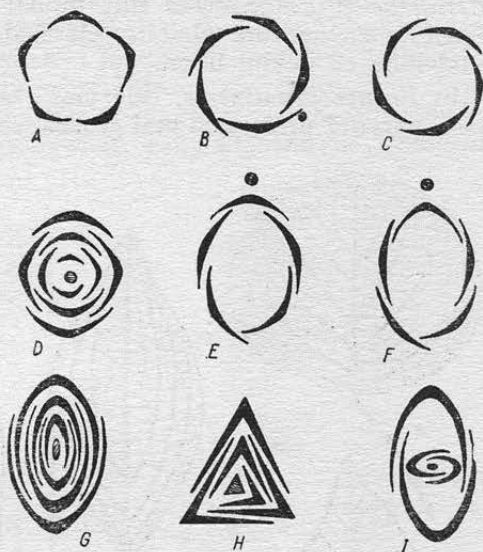


Fig. 340. Scheme ale diferitelor tipuri de foliație:

A — valvată; B, C — contortă; D — imbricată; E — imbricată descendentă; F — imbricată ascendentă; G, H — echitantă, I — semiechitantă (după Grințescu).

d. Nervațiunea frunzelor

Limbul frunzelor este străbătut de fascicule libero-lemnoase care se observă bine mai ales pe fața dorsală a acestuia ca niște firisoare subțiri, ieșite în relief, și care se numesc impropriu *nervuri*.

Printre nervuri se poate distinge una sau mai multe *nervuri principale* (mai groase și care străbat limbul în tot lungul său, de pe care se desprind *nervuri laterale* sau secundare); de pe acestea se desprind alte nervuri de ordinul II, care, la rîndul lor, pot purta nervuri de ordinul III etc. Nervurile laterale pot fi așezate paralel cu nervura principală, perpendicular pe aceasta sau dispuse pe ea după un unghi ascuțit.

Modul cum sînt dispuse nervurile într-o frunză se numește *nervațiune*, și aceasta este așa de caracteristică pentru monocotiledonate și dicotiledonate, încît dintr-o simplă privire asupra frunzei putem ști căreia dintre cele două clase de angiosperme aparține respectiva plantă.

După nervațiune, frunzele pot fi clasificate în două categorii, și anume: 1. frunze cu o singură nervură principală și 2. frunze cu mai multe nervuri principale.

1. **Frunzele cu o singură nervură principală** pot fi clasificate, la rîndul lor, în trei categorii: a) frunze uninerve; b) frunze penatinerve și c) frunze palmatinerve.

a) *Frunzele uninerve* posedă, după cum ne spune numele, o singură nervură principală. Așa sînt frunzele de pin, de *Elodea* etc. Frunzele mici ale unor *Ericaceae* și *Empetraceae* sînt numai aparent uninerve; în realitate, pe lîngă unica nervură vizibilă, ele mai posedă o serie de nervuri laterale, invizibile cu ochiul liber.

b) *Frunze penatinerve*, cele mai răspîndite la dicotiledonate, la care, de pe o nervură principală mai groasă se desprind o serie de nervuri laterale,

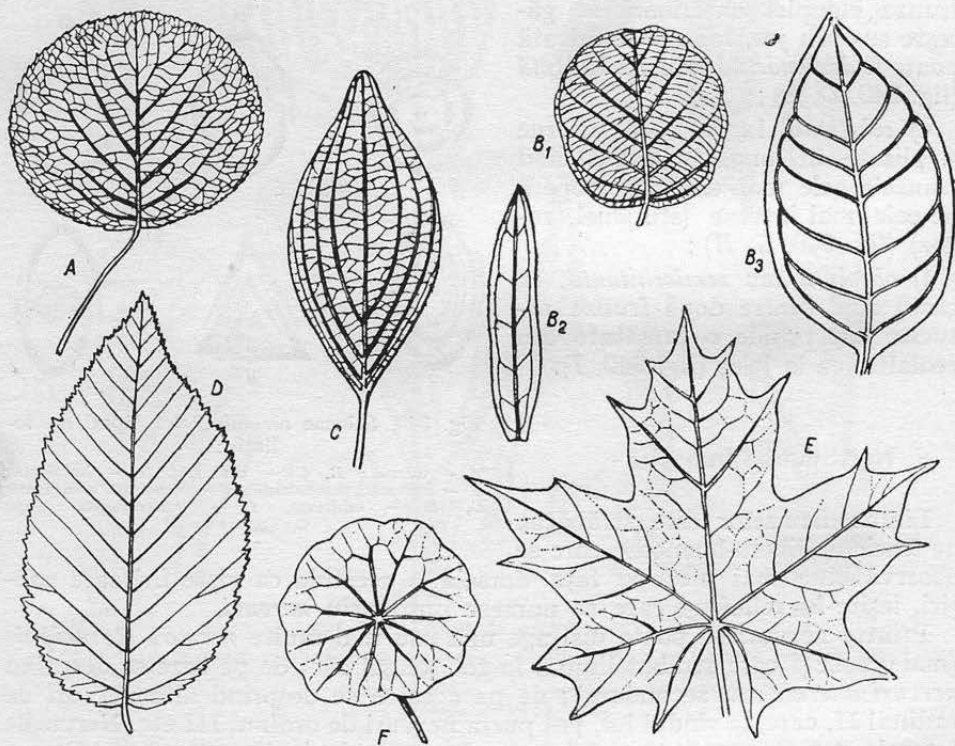


Fig. 341. Tipuri de nervațiune:

A — reticulată, la păr; B — împletită pe margini, la *Rhamnus* (B_1); uu-mă-uita (B_2) și arborele de cuișoare (B_3); C — arcuată, la corn; D — liber-terminată, la carpen; E — nervațiune palmatinervă, la arțar; F — nervațiunea frunzei peltate, la călțunași (după Kerner).

care se dispun de o parte și de alta a acesteia ca barbele unei pene. După modul cum se termină, nervurile laterale ale frunzelor penatinerve pot fi *reticulate*, cum sînt cele de salcie, păr (fig. 341, A) etc., la care ultimele ramuri ale nervurilor laterale se anastomozează, formînd o rețea fină;

impletite pe margini, ca la *Rhamnus*, nu-mă-uita sau arborele de cuișoare (fig. 341, B_1 , B_2 , B_3), *arcuate*, ca la corn (fig. 341, C) la care nervurile laterale merg oblic spre marginile limbului, se arcuiesc apoi și se îndreaptă spre vîrf, pierzîndu-se înainte de a-l atinge și fără a se lega una de alta, și *liber-terminate* ca la carpen (fig. 341, D).

c) *Frunzele palmatinerve* au nervuri laterale dispuse în mod palmat, ca la arțar (fig. 341, E), călțunași (fig. 341, F) etc. Modurile în care se pot termina nervurile laterale sînt aceleași ca și în cazul frunzelor penatinerve.

2. Frunzele cu mai multe nervuri principale au, de regulă, limb alungit, cu marginile întregi și aparțin mai toate plantelor monocotiledonate. Ele prezintă mai puține variații decît cele penati- sau palmatinerve. Numărul

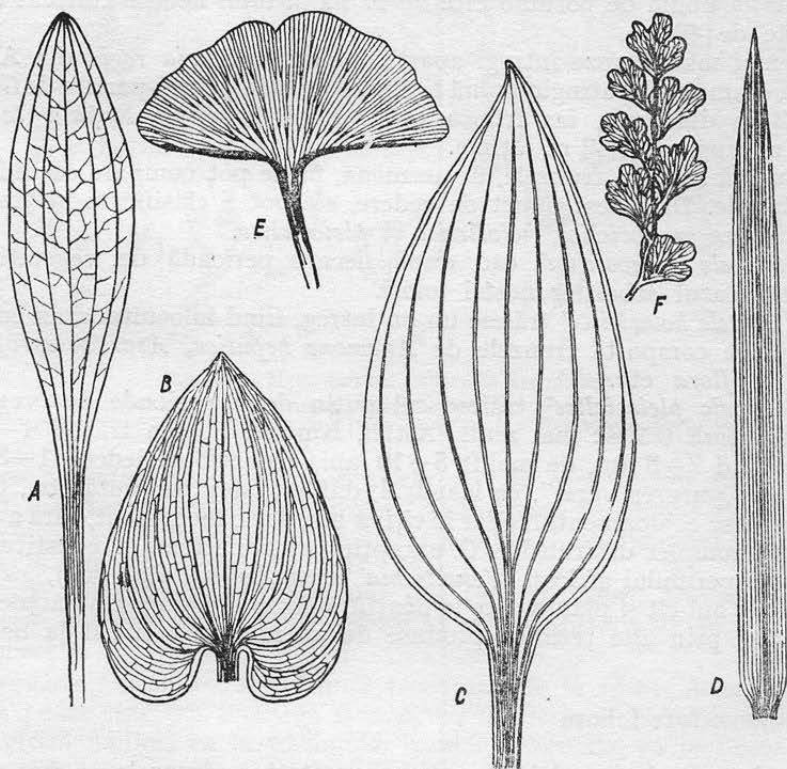


Fig. 342. Nervațiunea frunzelor cu mai multe nervuri principale:

A - frunză de *Bupleurum*, cu cinci nervuri principale; B - frunză de lăcrimiță; C - frunză de *Funkia*; D - frunză de *Leersia* (graminee); E - frunză de *Ginkgo biloba*; F - frunză de *Adiantum* (ferigă) (după Kerner).

de nervuri principale poate fi trei, cinci sau mai multe. Acestea pot fi *arcuate* (fig. 342, A , B , C) sau *drepte* (fig. 342, D), *nelegate* în direcție transversală prin nervuri secundare (fig. 342, C , D) sau *legate* printr-o rețea (fig. 342, A , B).

O poziție aparte printre frunzele cu mai multe nervuri principale o ocupă cele de *Ginkgo biloba* și cele ale unor ferigi, ale căror nervuri principale numeroase se ramifică dicotomic și se termină liber la vârful limbului (fig. 342, E, F).

e. Dimensiunile și durata vieții frunzelor

În comparație cu celelalte organe vegetative ale plantelor, frunzele au dimensiuni mult mai reduse deși prin numărul lor realizează suprafețe asimilatorii enorme. Astfel, suprafața foliară a unui hectar de trifoi este de 25 ha, a unui de porumb este de 12 ha, a unui hectar cultivat cu cartofi este de 40 ha.

Cele mai mari frunze întregi aparțin plantei *Victoria regia* din America de Sud, diametrul ei atingând până la 2 m. Frunzele penati-partite de *Gunnera* ating 3 m diametru, iar frunza palmierului brazilian *Raphia taedigera* are 20 m lungime și 12 m lățime.

Ca durată a vieții, frunzele, de asemenea, nu se pot compara cu rădăcinile sau tulpinile. Din acest punct de vedere, ele pot fi clasificate în trei categorii: frunze *monociclice*, *holociclice* și *pleiociclice*.

a) *Frunzele monociclice*¹ cad după fiecare perioadă de vegetație, așa cum este cazul arborilor noștri foioși.

b) *Frunzele holociclice*² trăiesc un an întreg, fiind înlocuite iarna cu altele noi. Așa se comportă frunzele de *Anemone hepatica*, *Asarum europaeum*, *Pirola uniflora* etc.

c) *Frunzele pleiociclice*³ trăiesc cel puțin două perioade de vegetație, de regulă însă trăiesc mai mult. Astfel, frunzele de pin trăiesc 1—5 ani, cele de brad 2—8 ani, de molift 5—10 ani, frunzele de iederă 1—3 ani. Și arborii „pururea verzi”, ca leandru, dafinul, stejarul-plută etc., de fapt își primesc echipamentul foliar în câțiva ani, dar o fac treptat, fără a rămâne niciodată complet desfrunziți. O excepție printre frunze o constituie cele ale gimnospermului african *Welwitschia mirabilis* (v. fig. 303), care pot trăi 100 de ani cât și planta care le poartă, înlocuindu-și mereu părțile extreme, rupte, prin alte țesuturi produse de un meristem situat la baza lor.

f. Metamorfoze foliare

Și mai mult decât celelalte organe vegetative, frunzele se pot adapta la alte funcțiuni decât cele specifice lor, metamorfozându-se. Uneori, schimbările de formă ale frunzelor metamorfozate sînt atît de adînci, încît nici nu se mai poate observa originea lor foliară. Așa este cazul frunzelor transformate în stamine, în spinii, în cîrcei etc.

¹ De la grec. *monos* = unul singur și *kyklos* = cerc, ciclu.

² De la grec. *holos* = întreg și *kyklos* = cerc, ciclu.

³ De la grec. *pleion* = mai mult și *kyklos* = cerc, ciclu.

Pe una și aceeași plantă de măceș se pot întâlni catafile (fig. 343, A), treceri gradate de la catafile spre nomofile (B, C, D), nomofile cu stipele (E), hipsofile sub formă de sepale (F), petale, treceri gradate de la petale la stamine (G, H, I) și stamine normale (J), exemplu care ne demonstrează marea posibilitate de metamorfozare a frunzelor.

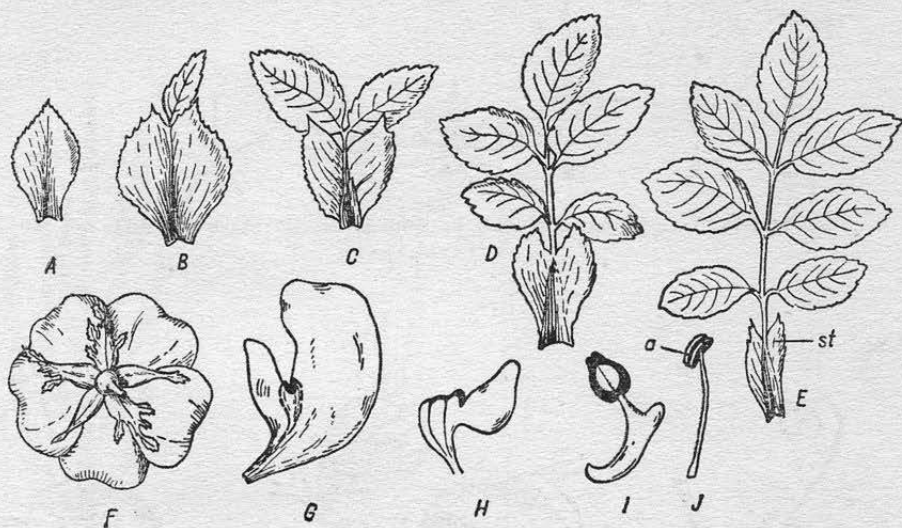


Fig. 343. Metamorfoze foliare la trandafir:

A — solz al mugurului (catafilă); B—D — treceri spre frunza normală; E — frunza normală (st — stipele); F — floare văzută dinspre partea inferioară; G—I — treceri de la petale la stamine; J — stamină cu anteră (a) (după Stocker).

Dintre numeroasele forme metamorfozate pe care le pot lua frunzele ne vom mărgini să amintim frunzele transformate în organe florale, care vor fi studiate cu alt prilej, și pe cele cu pețiolul transformat în filodii, pe care le cunoaștem (v. fig. 241, 242).

Frunzele metamorfozate cele mai des întâlnite sînt: frunzele protectoare, cele agățătoare, frunzele reduse și cele transformate în organe de prins insecte.

a) *Frunzele protectoare* sînt frunze transformate în *spini*. Această transformare poate interesa întreaga frunză, ca la *Berberis vulgaris* (fig. 344), numai vîrfurile, ca la pălămidă, numai rahisurile, ca la unele specii de *Astragalus*, sau numai stipelele, ca la salcîm.

b) *Frunzele agățătoare* se transformă în *circei*. Aceste organe de agățat pot proveni din transformarea întregii frunze, ca la *Lathyrus aphaca* (fig. 345, A), la care fotosinteza o îndeplinesc stipelele, numai a vîrfului frunzei, ca la *Gloriosa* (B), din ultimele foliole, ca la mazăre (C) sau din transformarea pețiolurilor, ca la curpen (D).

c) *Frunze reduse*, transformate în solzi, se întâlnesc pe rizomi și tuberculi, dar și pe tulpinile aeriene ale unor plante de sărătură, cum este *Sal-*

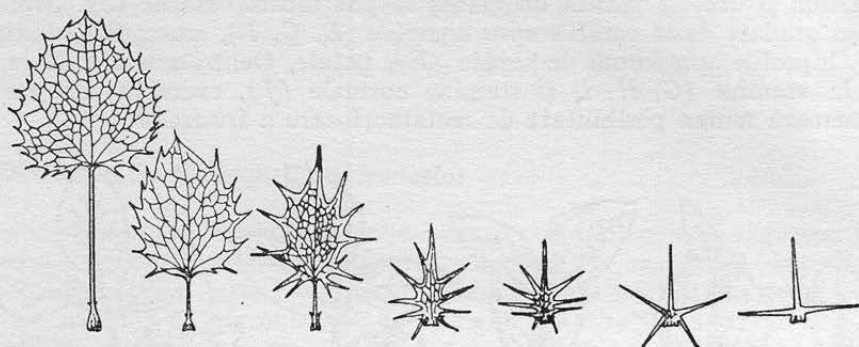


Fig. 344. Transformarea frunzei în spini la dracilă: faze succesive (după Strasburger).

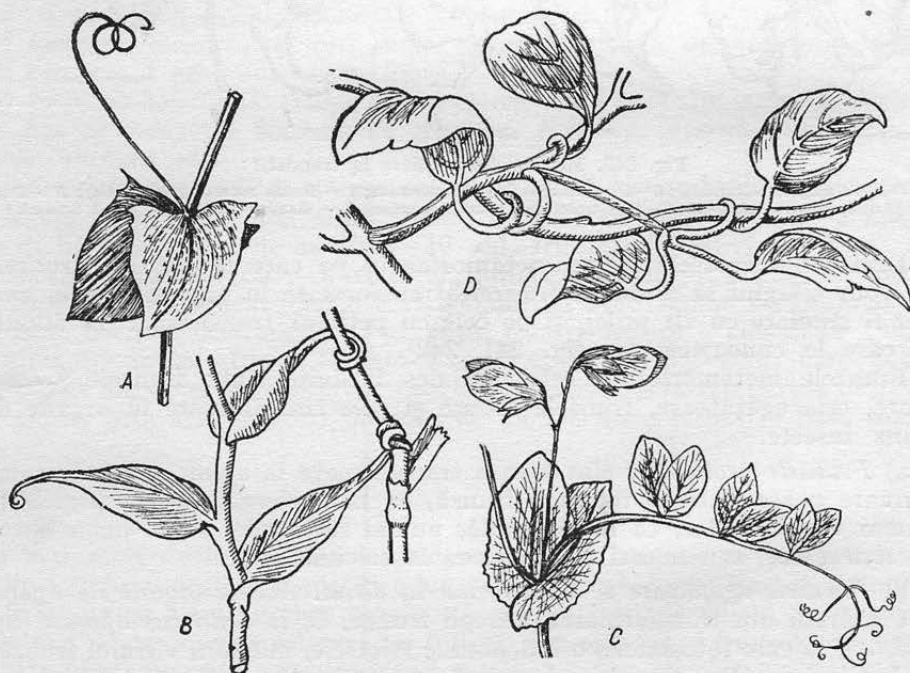


Fig. 345. Frunze transformate în cîrcei:

A — frunză de *Lathyrus aphaca*, transformată în întregime în cîrcei; B — la *Gloriosa*, virful frunzei transformat în cîrcei; C — la mazăre, cîrceii provin din transformarea ultimelor foliole; D — la curpen, cîrceii provin din transformarea petiolului frunzei (după Grințescu).

cornia herbacea (fig. 346), *Haloxylon aphyllum* din deșerturile nisipoase ale Asiei, care asimilează cu tulpinile verzi, multe cactacee etc.

d) *Frunzele plantelor carnivore* sînt adaptate la prins insecte, cu care aceste plante se pot hrăni, grație unor glande digestive speciale pe care le posedă.

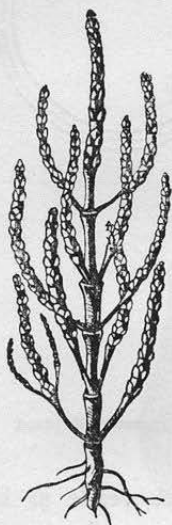


Fig. 346. *Salicornia herbacea*, plantă de sărături, cu frunzele reduse la mici solzi (după Strasburger).

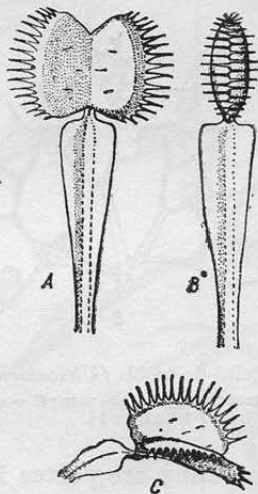


Fig. 347. *Dionaea*:
A — frunză deschisă; B — frunză închisă; C — frunza văzută din profil (după Strasburger).

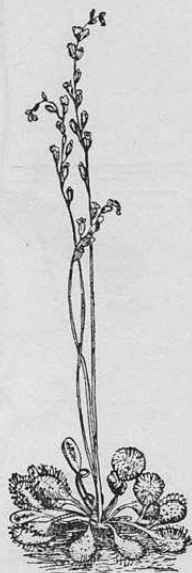


Fig. 348. Roua cerului (*Drosera rotundifolia*) (după Kursanov).

La *Dionaea* sudamericană limbul este bilobat, garnisit cu dințișori pe margine și înzestrat cu cîte trei peri senzitivi pe fiecare jumătate, la atingerea cărora cele două jumătăți de limb se închid brusc, ca o carte, prinzînd înăuntru insecta (fig. 347).

La „roua cerului” de la noi, *Drosera rotundifolia*, frunzele poartă glande digestive măciucate, lipicioase și sensibile, care se încovoie peste insecte (fig. 348).

La *Aldrovanda* sau la otrățelul-de-baltă, *Utricularia vulgaris*, tulpina plutitoare poartă ramuri cu frunze adînc sectate și ramuri cu capcane de prins insecte, în formă de bășici (fig. 349, B, C), înzestrate cu adevărate supape care se deschid numai de la exterior către interior, în care micile animale de apă intră, dar nu mai pot ieși.

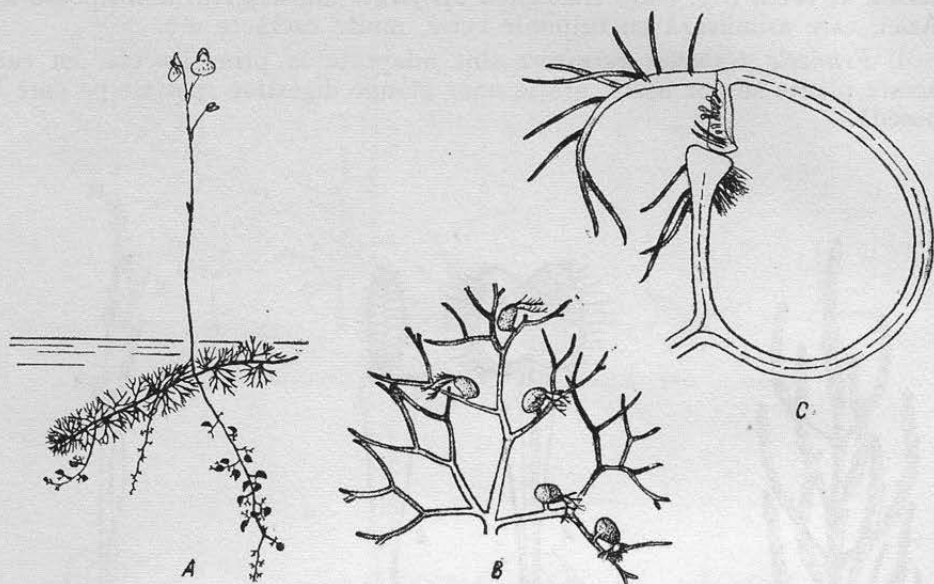


Fig. 349. Otrățelul-de-baltă (*Utricularia vulgaris*):

A — planta întreagă; B — ramură cu frunze transformate în urne; C — o urnă în secțiune transversală (după Stocker).

La *Nepenthes*, pețiolul foarte lung are partea lui inferioară verde și lătită (filodiu), cea mijlocie cilindrică și subțire, iar la capăt poartă o urnă, căreia i-a dat naștere limbul, acoperită cu un căpăcel (fig. 350).

Mecanismul prinderii insectelor și procesele digerației lor fac obiectul fiziologiei plantelor și vor fi studiate în cadrul disciplinei respective.

g. Anatomia frunzei

Marea diversitate a morfologiei frunzei, datorită plasticității sale și deci ușurinței cu care se modifică adaptându-se la mediu și la îndeplinirea unor funcțiuni speciale, se manifestă și în structura ei.

Anatomia frunzei este simplă la mușchi (cele dintâi plante cu frunze); ea se complică la pteridofite și atinge cel mai înalt grad de diferențiere la fanerogame sau *antofite*². În cele ce urmează vom analiza câteva tipuri de structură foliară la cele trei grupuri de plante amintite.

¹ De la grec. *anthos* = floare și *phyton* = plantă.

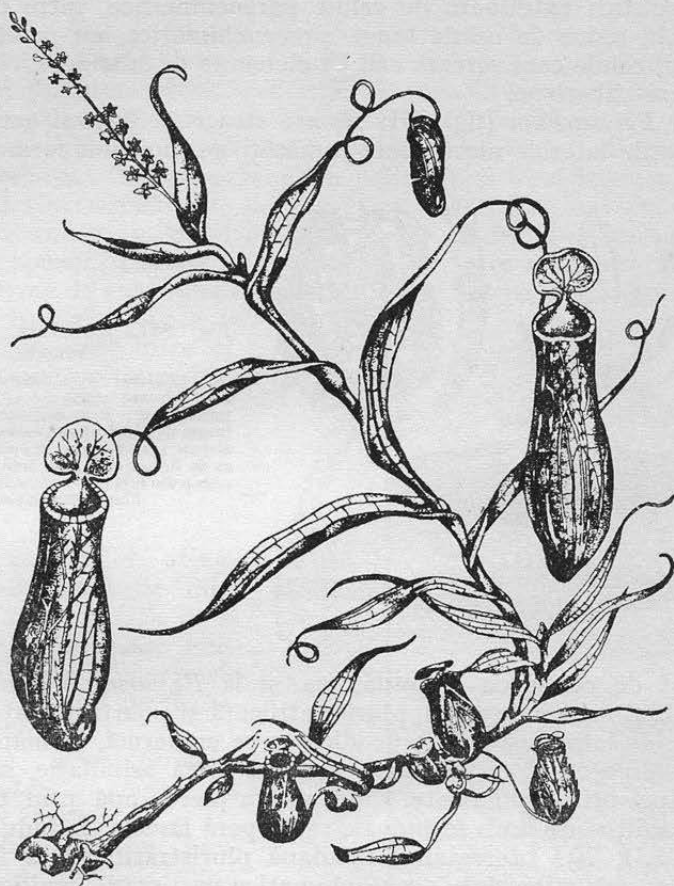


Fig. 350. *Nepenthes*, cu frunze transformate în urne (după Kursanov).

Frunza briofitelor

Primele plante de azi înzestrate cu frunze adevărate aparțin încrângăturii mușchilor. Frunzele lor sînt lipsite de vase lemnoase și de stomate. În cadrul acestei încrângături, frunza prezintă grade de structură destul de diferite, dintre care vom înfățișa trei tipuri, și anume: a) tipul *Funaria*; b) tipul *Polytrichum* și c) tipul *Sphagnum*.

a) Tipul *Funaria* (fig. 351, A). Mușchiul *Funaria hygrometrica* posedă frunze cu o structură dintre cele mai simple. Întregul limb al frunzei, în formă de solz, este alcătuit dintr-un singur strat de celule parenchimatice, pline cu grăuncioare de clorofilă. În regiunea nervurii mediane însă, frunza

are două straturi exterioare de celule parenchimatice, între care se află un mănunchi redus de celule lungi, prozenchimatice, cu pereții îngroșați și lignificați, celule care servesc atît ca elemente de susținere, cît și ca vase conducătoare liberiene.

b) *Tipul Polytrichum* (fig. 351, B) are structura frunzei ceva mai complicată. Părțile laterale ale fiecărei jumătăți de limb sînt formate dintr-un

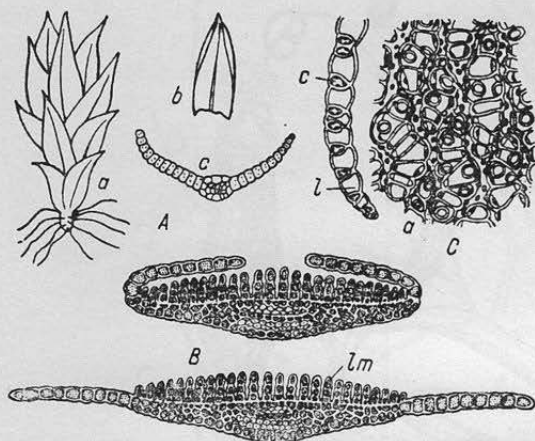


Fig. 351. Structura frunzelor de mușchi:

A — *Funaria hygrometrica*; a — planta; b — o frunză izolată; c — frunză în secțiune transversală; B — secțiune transversală prin frunza de *Polytrichum commune*: lm — lamele dispuse perpendicular pe epidermă; C — frunza de *Sphagnum*: a — frunză văzută la microscop din față; c — clorociste; l — leucociste (după Grințescu).

singur strat de celule cu clorofilă, ca și la *Funaria*; regiunea mediană a limbului însă este mai groasă, pluristratificată și poartă pe fața sa superioară o serie de lame dispuse perpendicular pe epidermă, formate din celule suprapuse, pline cu clorofilă, lame care, pe lângă asimilație, servesc și la absorbția apei prin capilaritate. Când planta pierde apă prin transpirație, jumătățile subțiri de limb se îndoaie și acoperă lamele, ferindu-le de uscăciune (fig. 351, B). În regiunea mediană pluristratificată a frunzei, sub epidermă, se află atît celule prozenchimatice cu pereții lignificați, servind la susținere, cît și unele cu pereți subțiri, îndeplinind rol de țesut liberian.

c) *Tipul Sphagnum* (fig. 351, C). O interesantă adaptare la condițiile de trai din mlaștini arată frunza mușchilor de turbării, aparținînd genului *Sphagnum*. La acesta, frunza are un singur strat de celule, diferențiate însă în două categorii: *celule clorofiliene* sau *clorociste*, lungi și înguste, vii, cu cloroplaste și care se dispun în formă de rețea, în ale cărei ochiuri se află *celule capilare hialine* sau *hialociste* relativ mari, în formă de burduf, moarte, avînd membranele cu îngroșări inelate sau spiralate și prezentînd din loc în loc pori. Aceste celule moarte servesc la înmagazinarea apei și substanțelor minerale, de unde o absorb apoi celulele vii, clorofiliene, întrucît *Sphagnum* n-are rizoizi.

Frunza pteridofitelor

La plantele din această vastă încrengătură, cu reprezentanți avînd grade de organizare foarte variate, și structura frunzelor lor este diferită.

O frunză de *Selaginella* sau *Lycopodium* seamănă la aspect cu una de mușchi; anatomic însă, ea prezintă un mare progres, avînd țesuturi diferențiate, și anume: două epiderme, un mezofil și o nervură cu traheide. La ferigi, frunza are o structură și mai evoluată. Pe lîngă cele două epiderme diferite — numai cea inferioară posedă stomate —, mezofilul poate fi sau nu diferențiat într-un parenchim palisadic și unul lacunos, elementele stereomului sînt numeroase, iar structura nervurilor mai completă. Pînă la atingerea dimensiunilor ei mature, frunza de ferigi crește printr-o zonă de creștere apicală. I se dă numele de *frondă*, spre a o deosebi de frunzele de angiosperme, la care zona de creștere apicală dispare de timpuriu. Equisetaceele au frunzele reduse la niște solzi care, uniți între ei, formează o teacă ce înconjură tulpina.

Frunza antofitelor

Frunza antofitelor atinge cel mai înalt grad de diferențiere anatomică. Cele două grupuri ale antofitelor: gimnospermele și angiospermele au frunzele destul de deosebite între ele.

a) *Frunza gimnospermelor* prezintă adaptări speciale la transpirație redusă și la rezistență contra frigului. Analizînd structura unei frunze aciculare de *Pinus* (fig. 352), vom distinge următoarele țesuturi alcătuitoare: o *epidermă* formată dintr-un strat de celule cu pereții foarte îngroșați și sclerificați, acoperită cu ceară, purtînd stomate adîncite, al căror „antru” este astupat și el cu ceară. Sub epidermă se află un strat, iar la margine 2—4 straturi de celule cu lumen larg și cu pereții sclerificați, formînd o *hipodermă* (*h*) care mărește eficacitatea de apărare a epidermei. În dreptul stomatelor, hipodermă este întreruptă.

Mezofilul frunzei de pin este un tip de *țesut asimilator septat*: celulele sale mari, pline cu cloroplaste, prezintă niște pliuri ale membranei, dis-

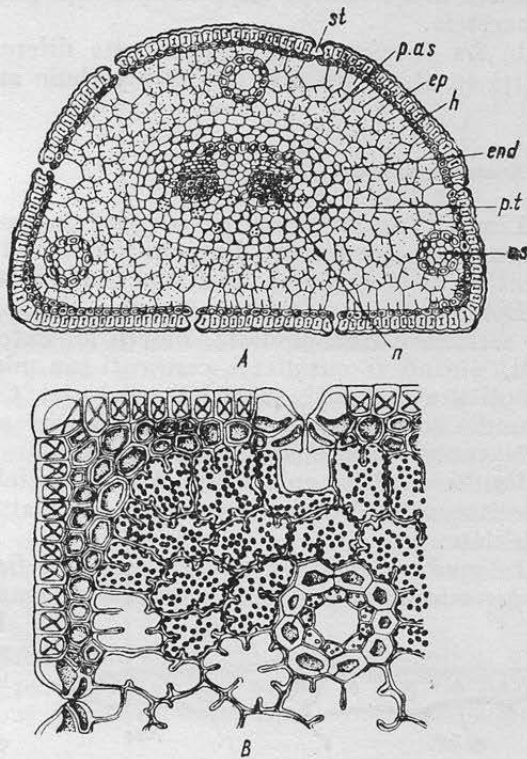


Fig. 352. Structura frunzei de pin (A) și o porțiune mărită din aceeași secțiune (B):

ep — epidermă; h — hipodermă; p.a.s — parenchim asimilator septat; st — stomată; end — endodermă; p.t — parenchim traheal; n — nervură; c.s. — canal secretor (după Huber).

puse perpendicular pe aceasta, care înaintează spre centrul celulei, fără însă a-l atinge, și care măresc foarte mult suprafața interioară a celulei. În mezofil se găsește un număr de canale secretoare caracteristic pentru diferite specii de pin.

Cilindrul central al frunzei este mărginit de un endoderm, dedesubtul căruia se află un *țesut de transfuzie*, format dintr-un parenchim lipsit de clorofilă, cu celule vii, printre care se pot afla și traheide ce comunică prin punctuațiuni cu acestea. Întreg ansamblul acestui țesut are rolul de a face legătura între parenchimul asimilator și țesuturile conducătoare ale dublei fascicule colateral-deschise care alcătuiește nervura unică (*n*) a frunzei, avînd lemnul orientat spre fața plană, iar liberul spre fața convexă a acesteia.

b) La *Angiospermae*, frunza este diferențiată în limb, pețiol și teacă, părți cu structură diferită, care trebuie analizate separat.

Anatomia limbului

Limbul frunzei apare ca o pînză întinsă pe o armătură alcătuită din *nervuri*. El este format dintr-un parenchim asimilator, numit *mezofil*, mărginit de două *epiderme*: una superioară și alta inferioară (fig. 353).

Epiderma. Este formată dintr-un singur strat de celule parenchimatice, cu secțiune patrunghiulară. Pereții lor exteriori sînt bombați și mai îngroșați, putînd fi cutinizati, cerificați sau mineralizați. Pereții laterali pot fi drepti sau ondulați, subțiri și celulozici. Celulele epidermice sînt vii, fără clorofilă (cu unele excepții), strîns legate atît între ele cît și cu țesuturile subiacente, fără spații intercelulare.

Forma celulelor epidermice variază cu felul frunzelor: mai lungi la frunzele lineare și deasupra nervurilor celorlalte frunze, izodiametrice la frunzele late.

În mod excepțional, unele plante, ca *Begonia sanguinea*, *Ficus elastica*, *Peperomia* și alte piperacee, pot prezenta frunze cu epidermă pluristratificată.

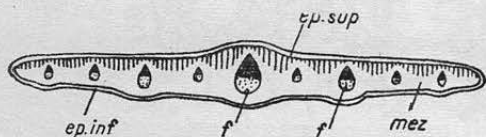


Fig. 353. Schema structurii limbului:

ep. sup - epiderma superioară; ep. inf - epiderma inferioară; mez - mezofilul; f - fasciculul libero-lemnos (după Kursanov).

Primul strat servește la apărare, iar cele de dedesubt servesc la înmagazinarea apei.

Dintre formațiunile epidermice menționate la histologie vom insista puțin asupra stomatelor și perilor.

Stomatele sînt producțiuni locale ale epidermei, avînd funcția de a permite efectuarea schimburilor de gaze dintre frunze și atmosfera înconjurătoare, schimburi care au loc în respirație, în asimilație și în transpirație.

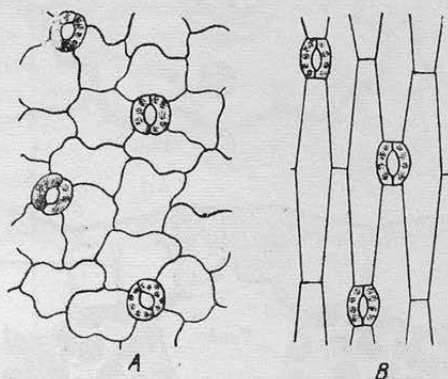
Văzute din față (fig. 354), stomatele apar formate din cîte două celule reniforme, însoțite sau nu de celule anexe, cu pereții concavi față în față,

între ele existînd o deschidere numită *ostiolă*, dedesubtul căreia se află o *cameră substomatică* plină cu aer. Celulele stomatice conțin multe cloroplaste.

Alcătuirea unei stomate se poate vedea bine într-o secțiune transversală prin frunză, care trece exact de-a latul ostiolei (fig. 355, A).

Fig. 354. Epiderma cu stomate
(văzute din față):

A — la dicotiledonate; B — la monocotiledonate (după Stocker).



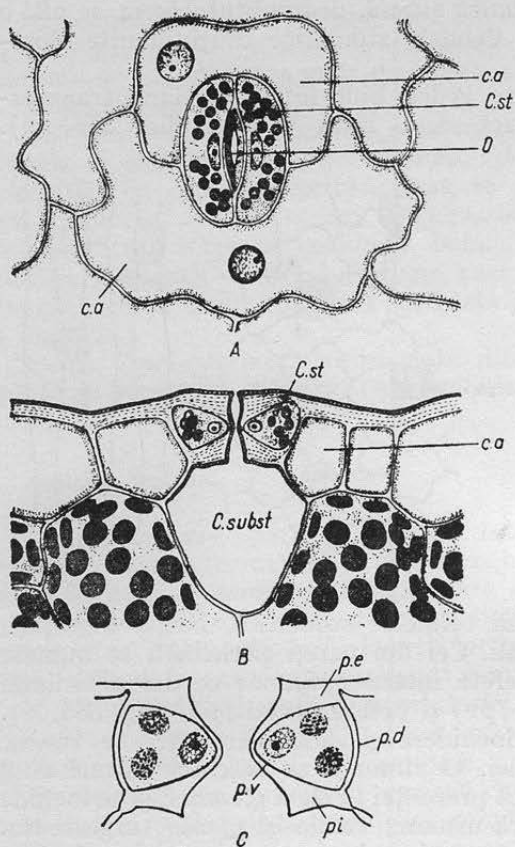
Dintre cei patru pereți ai secțiunii celulelor stomatice, inegal îngroșați, doi sînt periclinali și doi anticlinali. Cei doi pereți periclinali se numesc respectiv perete extern (*pe*) și perete intern (*pi*), iar cei doi anticlinali se numesc respectiv perete ventral (*pv*) și perete dorsal (*pd*) (fig. 355, C).

Stomatele execută mișcări de închidere și deschidere care se traduc prin strîmtarea sau lărgirea ostiolei. O stomată se deschide atunci cînd celulele sale sînt turgescențe datorită prezenței în ele a glucozei, și se închide atunci cînd glucoza a dispărut și, ca urmare, celula își pierde turgescența. Explicația mișcărilor stomatice și mecanismul acestora fac obiectul fiziologiei plantelor. Aici menționăm doar faptul că fără prezența cloroplastelor în celulele stomatice, acestea n-ar putea executa mișcări și deci nu și-ar putea îndeplini funcțiile.

Tipuri de stomate. După sensul în care se mișcă celulele stomatice, sens determinat de felul îngroșărilor pereților lor, acestea pot fi grupate în trei tipuri principale, și anume: tipul *Amaryllidaceae*, tipul *Gramineae* și tipul *Mnium*.

La stomatele de tip *Amaryllidaceae*, de astfel cel mai răspîndit la dicotiledonate și monocotiledonate, mișcările stomatice se execută paralel cu suprafața frunzei. Îngroșările pereților sînt acelea arătate la descrierea stomatei, iar stomata deschisă este mai lată decît cea închisă (fig. 356).

Stomatele de tip *Gramineae* au celulele stomatice în formă de halteră, fiind umflate și cu membrana subțire la capete, înguste și cu pereții îngroșați în partea lor mijlocie (fig. 357). Cînd celulele stomatice devin turgescențe, capetele lor se umflă, pereții mijlocii, ca urmare, se îndepărtează și stomata se deschide, mărindu-și mult lățimea.

Fig. 355. Stomată de *Thymus*:

A - văzută din față; B - în secțiune transversală; C - celule stomatice cu membranele lor; C.st - celule stomatice; c.a - celule anexe; O - ostiolă; C.subst - cameră substomatică; p.e - perete extern; p.i - perete intern; p.v - perete ventral; p.d - perete dorsal (după Troll și Stocker)

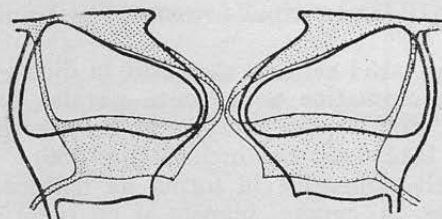
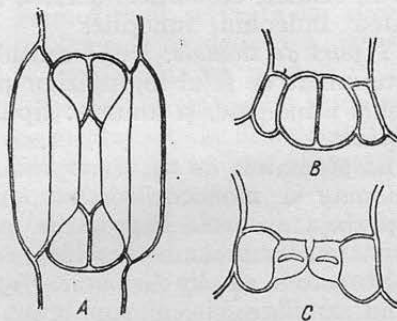
Fig. 356. Stomată de tip *Amaryllidaceae*, închisă (punctat) și deschisă (după Stocker).

Fig. 357. Stomate de tip graminee:

A - văzută din față; B - văzută de la un pol; C - văzută în secțiune transversală (după Huber).

Stomatele de tip *Mnium* se află pe sporogonul multor mușchi și pe frunzele de ferigi. Ele se mișcă în direcție perpendiculară pe epidermă, deoarece au pereții îngroșați tocmai invers decât stomatele de tip *Amaryllidaceae*; pereții periclinali sînt subțiri, peretele dorsal este îngroșat, iar cel ventral are și el îngroșări în formă de coaste (fig. 358).

Distribuția stomatelor pe frunze. Stomatele se găsesc în număr foarte mare pe frunze: în general, de la 30 la 300 pe mm^2 , dar pot ajunge și la 600—700. După felul cum ele sînt distribuite, frunzele pot fi: *hipostomatice* — cu stomate numai pe fața inferioară, cum sînt fagul, stejarul, arțarul, teiul, mărul etc.; *bistomatice* — cu stomate pe ambele fețe, cum sînt grîul, porumbul, ovăzul, mazărea, fasolea, dovleacul etc.; *epistomatice* — cu stomate numai pe fața superioară, cum sînt frunzele de nufăr, de *Pinus strobus* etc.; *astomatice*, cum sînt frunzele submerse de *Elodea*, *Vallisneria* etc.

În privința nivelului la care sînt așezate stomatele, acesta depinde de condițiile de climă ale stațiunii în care trăiesc plantele. Există numeroase plante la care stomatele sînt așezate la nivelul celulelor epidermice (fig. 359,

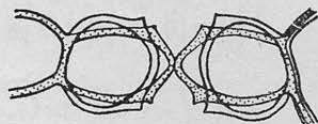


Fig. 358. Stomate de tip *Mnium*: punctat — stomata închisă (după Strasburger).

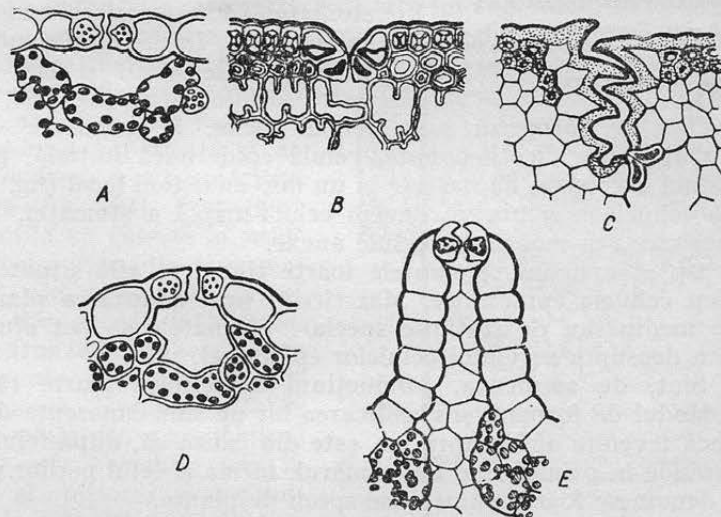


Fig. 359. Nivelul așezării stomatelor:

A — la *Tradescantia*; B — la *Pinus*; C — la *Dasylirion* (Liliaceae); D — la *Anemone nemorosa*; E — la *Cucurbita pepo* (după Grințescu).

A), altele la care sînt ușor scufundate, fiind situate în dreptul hipodermei, ca la pin (B), foarte adînc afundate în mezofil, pînă la ele conducînd un tunel întortocheat (C), ușor ieșite în afară (D) sau foarte mult ieșite în relief, ca la dovleac (fig. 359, E).

Originea stomatelor. Stomatele iau naștere din meristemul primordiului foliar, o dată cu diferențierea acestuia și transformarea lui în țesuturi definitive. Modul lor de formare depinde de tipul căreia aparține stomata. Pe o frunză de *Iris* (fig. 360, A) stomatele apar în modul următor: anumite celule din epidermă, încă nediferențiate, se divid în două celule inegale:

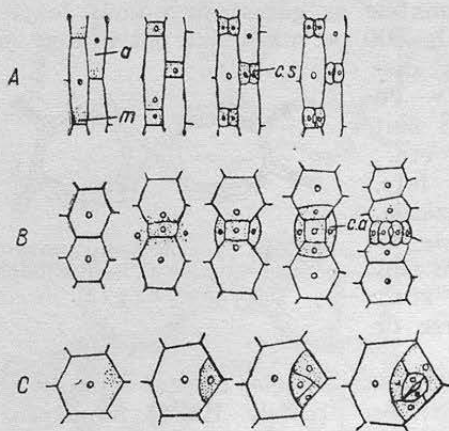


Fig. 360. Originea stomatelor:

A — la *Iris*; B — la *Tradescantia*; C — la *Sedum*;
 * — celulă epidermică; m — celula-mamă a stomatei;
 c.s. — celule stomatice; c.a. — celule anexe (după Strasburger).

una scurtă (m), care va deveni celula-mamă a stomatei, și alta lungă (a), care va deveni celulă epidermică. Apoi, celula m se divide din nou în două celule egale, care sînt celulele stomatice (cs). La început alipite, foarte curînd cele două celule se despart prin disocierea lamelei mijlocii dintre ele, se curbează, în acest fel apărînd ostiola și, în cele din urmă, pereții lor se îngroașă în modul cunoscut. Astfel de stomate sînt lipsite de celule anexe și se întîlnesc la cele mai multe monocotiledonate.

La *Tradescantia*, în timp ce o celulă epidermică devine celula-mamă a stomatei și suferă aceleași transformări ca și cea de *Iris*, celulele epidermice învecinate se divid și ele, formînd patru celule anexe (fig. 360, B, c.a).

La *Commelina* se formează șase celule anexe, la graminee — două.

La cele mai multe dicotiledonate, celula epidermică inițială, prin mai multe diviziuni succesive, dă naștere la un mic meristem local (fig. 360, C). Una dintre celulele acestuia va deveni celula-mamă a stomatei. În acest caz, stomata va avea mai multe celule anexe.

Oricărui tip ar aparține, stomatele foarte tinere se află situate la același nivel cu celulele epidermice. Mai tîrziu, prin adaptarea plantelor la condiții de mediu sau de stațiune speciale, stomatele se pot afunda sau se pot ridica deasupra nivelului celulelor epidermei.

Perii. Sînt, de asemenea, producțiuni epidermice foarte răspîndite pe frunze. Modul de formare și clasificarea lor ne sînt cunoscute de la histologie. Dacă revenim aici asupra lor, este din cauză că, după felul frunzelor care depinde în primul rînd de numărul, forma și felul perilor pe care-i poartă, se numesc foarte numeroase specii de plante.

Dăm mai jos cîteva denumiri de frunze date după felul perilor și care servesc drept nume de specii.

Glabre se numesc frunzele netede, complet lipsite de peri, ca cele de *Glycyrhiza glabra*, *Hieracium glabratum* etc.

Hirsute sînt frunzele cu peri lungi, rigizi, dar nu pungenți, ca cele de *Arabis hirsuta*, *Cardamine hirsuta*.

Hispide sînt frunze cu peri ca și cei de pe frunzele hirsute, dar ceva mai groși și uneori pungenți: *Soja hispida*.

Hirte sînt frunzele cu peri aspri și scurți, ca cele de *Viola hirta*, *Carex hirta* etc.

Pubescente sînt frunzele acoperite cu peri mulți, scurți și moi, ca un puf, ca cele de *Betula pubescens*, *Primula pubescens*.

Piloase se numesc frunzele care poartă peri lungi, rari și moi, ca cele de *Luzula pilosa*, *Festuca pilosa* etc.

Lanate sînt frunzele cu peri lungi, moi și albi, ca la *Verbascum lanatum*, *Digitalis lanata*, *Artemisia lanata*.

Glutinoase sau lipicioase sînt frunzele cu peri glanduloși, ca cele de *Alnus glutinosa*, *Salvia glutinosa* etc.

Spinoase sînt frunzele cu țepi mici, ca cele de pălămidă, (*Cirsium spinosum*).

Frunzele *stelate* poartă peri stelați, ca, de exemplu, cele de *Draba stellata* etc.

Mezofilul¹ este parenchimul asimilator al frunzei, mărginit de cele două epiderme în care sînt înglobate nervurile limbului, alături de care se mai pot găsi în el țesuturi mecanice, idioblaste și canale sau celule secretoare. Structura mezofilului depinde de mediul în care trăiește planta și de poziția pe care o au frunzele față de razele soarelui. Din acest punct de vedere se pot distinge: frunze bifaciale, ecvifaciale, cu mezofil omogen, cu mezofil septat, frunzele gramineelor, frunzele plantelor submerse și frunze de lumină și de umbră.

a) *Frunzele bifaciale* sînt cel mai răspîndit tip la dicotiledonatele lemnoase și ierboase, precum și la multe monocotiledonate. Poziția lor în spațiu este orizontală, ceea ce face ca fața lor superioară să fie expusă direct la razele solare, în timp ce fața inferioară este umbră de prima. Ca urmare a acestui fapt, mezofilul frunzei este diferențiat în două țesuturi diferite: un *parenchim palisadic* sub epiderma superioară și un *parenchim lacunos* sub epiderma inferioară (fig. 361). Peste 80% din clorofilă se găsește în celulele țesutului palisadic și numai 18–20% din ea se află în cel lacunos. De aceea, fața superioară a frunzelor bifaciale este de un verde mai intens decît cea inferioară. Numărul straturilor de celule din parenchimul palisadic este variabil: unu la lucernă și piciorul cocoșului, două la leandru și migdal, trei sau mai multe la lămîi și portocal. Stomatele se află exclusiv sau în număr mult mai mare pe fața inferioară a frunzei. Din cauza diferenței morfologice și anatomice dintre cele două fețe opuse ale frunzei, acestea se numesc *bifaciale* sau cu două fețe.

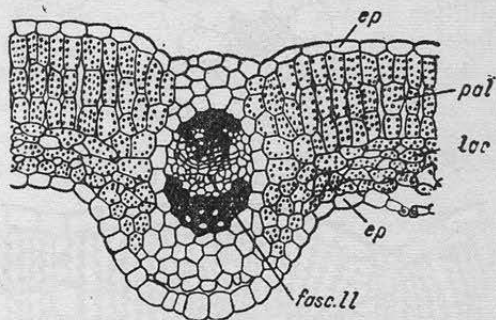


Fig. 361. Structura frunzei bifaciale la *Raphanus sativus*:

ep — epidermă; pal — parenchim palisadic; lac — parenchim lacunos; fasc. II — nervura mediană (fascicul liberolemnos) (după Kursa nov).

¹ De la grec. *mesos* = mijloc și *phyllon* = frunză.

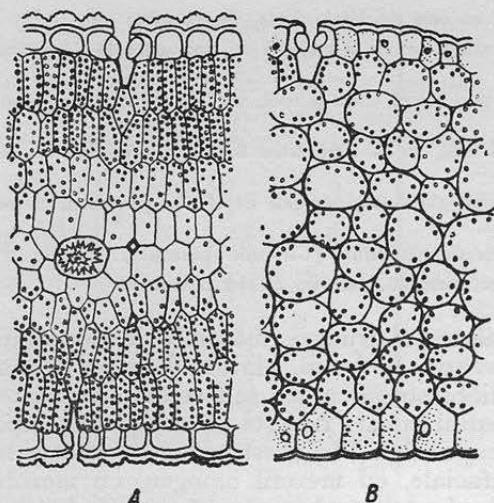


Fig. 362. Structura frunzelor ecvifaciale (A) și a celor cu mezofil omogen (B):

A – frunză de *Dianthus carthusianorum*; B – frunză de *Chlorophytum* (după Gravis, din Grințescu).

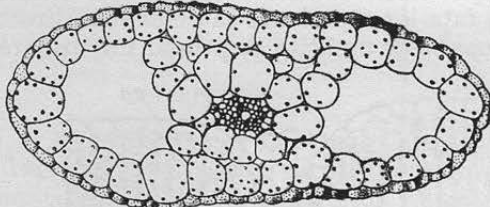


Fig. 363. Structura frunzelor submerse de *Zannichellia* (după Strasburger).

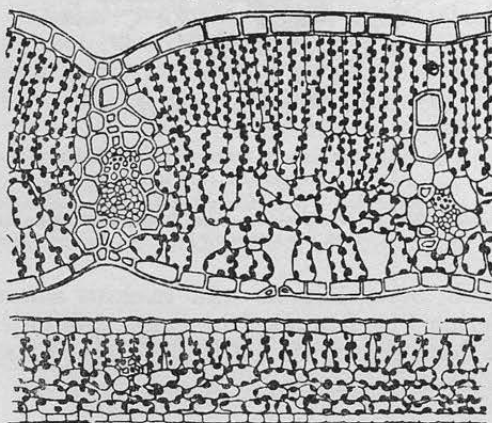


Fig. 364. Frunză de lumină și de umbră la *Fagus silvatica* (după Kny).

b) *Frunzele ecvifaciale* au ambele fețe egal colorate, deoarece au parenchim palisadic sub ambele epiderme. Aceasta din cauză că poziția lor este mai mult sau mai puțin verticală și ambele fețe sînt luminate la fel. Au frunze ecvifaciale: garoafa (fig. 362, A), eucaliptul etc.

c) *Frunzele cu mezofil omogen* aparțin plantelor de apartament sau acelor care trăiesc la umbră, cum sînt multe ferigi, măcrișul iepurelui etc. Întregul lor mezofil este format din celule izodiametrice, care pe secțiune apar rotunde sau ovale și, în general, posedă puține cloroplaste (fig. 362, B).

d) *Frunzele gramineelor* prezintă o serie de particularități caracteristice. Astfel, epiderma lor are celule cu pereții laterali sinuoși, puternic silicificate; stomatele lor, în formă de haltere, sînt aranjate în serii lineare; gramineele care trăiesc în stepe și-și răsucesc frunzele în timp de secetă au în epidermă celule activiere speciale, numite *celule buliforme*.

Clorenchimul frunzelor de graminee poate fi așezat în formă de rozetă în jurul nervurilor, ca la mei, sorg, porumb etc., restul frunzei fiind ocupat de țesut mecanic, sau, din contră, parenchimul clorofilian poate umple în mod uniform întregul spațiu dintre cele două epiderme.

e) *Frunzele plantelor submerse*, cum sînt *Elodea*, *Vallisneria*, *Zannichellia palustris* (fig. 363) etc., au o structură mult mai simplă decît frunzele plantelor

care trăiesc în aer. Epiderma lor are cloroplaste în celule și este lipsită de stomate. Mezofilul lor, foarte redus ca volum, adăpostește mari lacune pline cu aer. Celulele lor, uniforme, conțin puține cloroplaste. Țesuturile conducătoare, în special cel lemnos, se reduc adesea pînă la dispariție. La fel și țesuturile mecanice.

f) *Structura frunzelor de lumină și de umbră.* Frunzele de pe una și aceeași plantă diferă ca formă, mărime și structură, după cum se găsesc în bătaia directă a razelor solare — cînd se numesc *frunze de lumină* — sau sînt umbrite de altele — cînd se numesc *frunze de umbră*. Primele sînt mai mici, mai rigide, mai groase și mai verzi, pe cînd ultimele sînt mai mari, mai moi, mai subțiri și de un verde mai gălbui. O secțiune transversală prin limbul celor două feluri de frunze de fag (fig. 364) arată că și din punct de vedere anatomic ele se deosebesc foarte mult. Frunzele de lumină au epiderma cu pereții mai groși, cu un număr de stomate mai mare (acestea se află numai pe fața inferioară, frunzele de fag fiind hipostomatice), țesutul palisadic este format din două-trei straturi de celule lungi și cu multe cloroplaste. Frunzele de umbră au caractere anatomice tocmai contrare.

Țesutul conducător al frunzei

Mai mult decît oricare alt organ al plantei, limbul frunzei are nevoie de un sistem de țesuturi conducătoare care să permită circulația rapidă și în toate sensurile a celor două feluri de seve, în special a apei cu substanțele minerale. Această nevoie este satisfăcută de foarte numeroasele nervuri de toate categoriile care străbat mezofilul și care, pe lîngă rolul de conducere, îndeplinesc și unul de susținere.

Nervurile sînt fasciculele libero-lemnoase ale limbului, avînd totdeauna lemnul îndreptat spre fața superioară a acestuia și liberul spre fața lui inferioară.

De regulă, fasciculele libero-lemnoase ale frunzei sînt de tip colateral-închis. În unele cazuri, destul de rare, ele pot fi colateral-deschise, dar și atunci cambiul își încetează activitatea foarte de timpuriu.

La plantele cu fascicule de tip bicolateral în tulpină, și nervurile frunzelor sînt tot de tip bicolateral.

Cu cît o nervură secundară sau de un ordin superior se îndepărtează mai mult de nervura principală, cu atîta ea se subțiază mai mult și-și simplifică structura. Mai întîi dispar țesuturile mecanice ale nervurii, apoi partea liberiană, traheile din cadrul lemnului, ultimele ramificații ale nervurii constînd numai dintr-un șir de traheide spiralate puse cap la cap, înconjurată de un strat de parenchim. Modul cum se termină nervurile depinde de tipul de nervațiune al frunzei: la frunzele cu nervațiune reticulată sau împletită pe margini, ultimele traheide se anastomozează formînd o rețea sau un cordon paralel cu marginea limbului; multe frunze au nervuri care

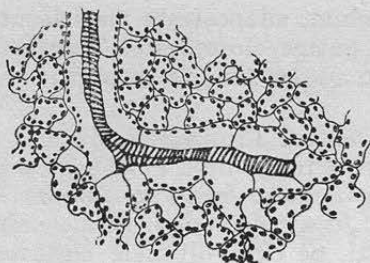


Fig. 365. Terminația nervurii într-o frunză de *Impatiens* (după Strasburger).

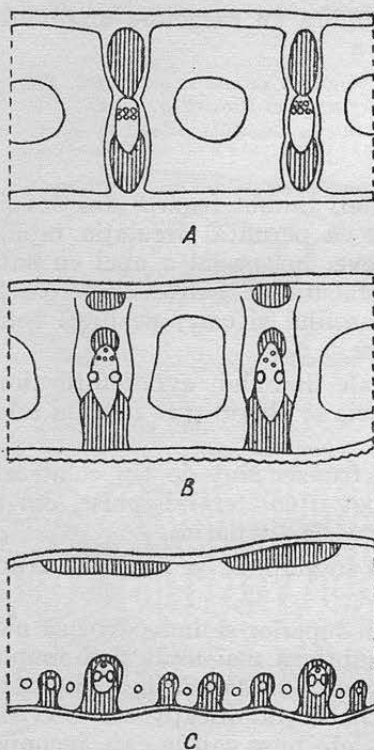


Fig. 366. Stereomul frunzei (sclerenchimul hașurat). Secțiuni transversale în frunze de *Phormium tenax* (A), *Carex silvatica* (B) și *Zea mays* (C) (după Haberlandt).

se termină liber, în formă de deget de mână (fig. 365). La frunzele care au hidatode, unele nervuri se termină liber în țesutul acvifer al acestora.

Originea și dezvoltarea nervurilor. Se știe că în cazul unei frunze mature, fasciculele ei se prelungesc cu cele ale tulpinii. În realitate, primele vase lemnoase apar în primordiul frunzei, iar fasciculele tulpinii se diferențiază după acestea.

Primul început al unei nervuri este reprezentat printr-o trahee izolată, scurtă, situată la baza primordiului, în punctul de inserție al viitorului pețiol, care încă nu este diferențiat. Această primă trahee a fost denumită de către Pellissier *punct nodal inițial* (nodal, deoarece este situat la nod, inițial, deoarece el reprezintă punctul de plecare al unui cordon vascular). Acest cordon se construiește în felul următor: la cele două capete ale traheii nodale inițiale se formează noi elemente vasculare, care o prelungesc. Diferențierea vaselor se face deci „nodifug”. Prima trahee dă în sus, spre limb, primul vas al nervurii mediane, iar în jos, în tulpină, dă un vas caulinar. Acesta din urmă își continuă diferențierea în sens bazipetal, pînă se racordează cu vasele unui cordon vecin.

În limb vor apărea alte puncte nodale inițiale secundare, terțiare etc., cu care va începe formarea de noi cordoane vasculare. Elementele bazifuge ale acestora formează primele vase ale nervurilor secundare, terțiare etc. și, în cele din urmă, ele se vor uni, pentru a constitui nervațiunea caracteristică a frunzei.

Stereomul frunzei. Soliditatea minimă necesară unei frunze se realizează în moduri diferite. În cel mai simplu caz aceasta este asigurată de turgescența parenchimului sale și de vasele lemnoase din nervuri. În alte cazuri, nervurile sînt învelite în teci de sclerenchim, ceea ce le mărește soliditatea. Terminațiile reticulate ale nervurilor

și cordonul de vase paralel cu marginile limbului multor frunze le apără împotriva sfirtecării.

La conifere, rolul de stereom îl îndeplinește hipoderma (v. fig. 352), iar la graminee și ciperacee pot exista punți de sclerenchim care leagă cele două epiderme și înglobează în ele și nervurile (fig. 366).

Structura pețiolului

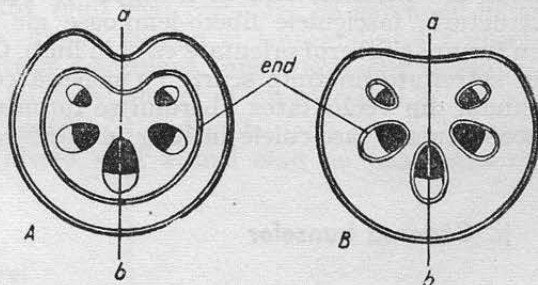
Ca formațiune ce reprezintă o expansiune laterală a tulpinii, pețiolul își are toate țesuturile în directă continuare cu aceleași țesuturi din tulpină. Totuși, pețiolul nu se poate confunda cu tulpina, deoarece se deosebește în esență de aceasta prin simetria lui și prin polistelia sa foarte frecventă. Pețiolul — chiar când are o formă perfect cilindrică — este un organ monosimetric, în timp ce tulpina are o simetrie radială. Unicul plan de simetrie al pețiolului trece prin mijlocul feței dorsale și ventrale a acestuia, tăind fasciculul cel mai mare și împărțind întregul organ într-o jumătate dreaptă și una stângă (fig. 367).

Pe o secțiune transversală prin pețiol se observă o *epidermă*, un *parenchim* și *fasciculul* sau *fasciculele libero-lemnoase*.

Epiderma pețiolului nu se deosebește de cea a tulpinii. Ea poartă stomate și peri și este de regulă cutinizată, dar poate fi și cerificată sau mineralizată.

Parenchimul subepidermic este continuarea parenchimului cortical al tulpinii și prezintă toate caracterele acestuia, cu deosebirea că celulele sale sînt mai alungite în sensul lungimii pețiolului. Primele sale straturi au celule de obicei colenchimatizate, sub care se găsesc celule cu cloroplaste. Nu rareori, în parenchimul pețiolului se pot găsi și pachete de fibre de sclerenchim, canale secretoare (la *Umbelliferae*) sau laticifere (la *Papaveraceae*).

Fig. 367. Schema structurii pețiolului:
A — pețiol monostelic; B — pețiol polistelic; a, b — plan simetric; end — endoderm (după Grințescu)



Ultimul strat al parenchimului poate forma un *endoderm*, în care caz pețiolul este monostelic (la *Vinca*, *Prunus laurocerasus* etc.), sau în cadrul său se pot diferenția mai multe endodermuri, ca la pețiolurile polistelice, cele mai răspândite la frunze (ca la pătlăgină, trifoi, păstîrnac etc.). Plantele care n-au endoderm în tulpină n-au nici în pețiol (de exemplu, *Ranunculus*).

Fie monostelice, fie polistelice, pețiolurile au structura cea mai tipică la bază și numărul fasciculelor este variabil: unu la *Vinca minor*, trei la

Salix fragilis, cinci la *Trifolium pratense* sau *Plantago lanceolata*, șapte la *Quercus pedunculata*, foarte multe la *Veratrum album* sau la palmierul pitic, *Chamaerops humilis* (fig. 368).

Așezarea fasciculelor în pețiol, foarte variabilă la frunze, se face după trei tipuri: când sînt puțin numeroase, fasciculele se dispun sub forma unui

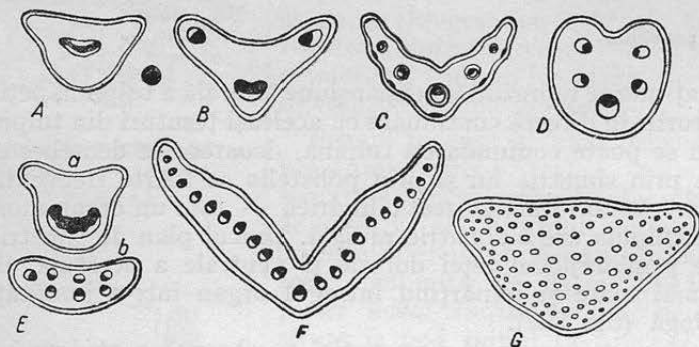


Fig. 368. Tipuri de structură a pețiolului (schema):

A — la saschiu; B — la salcie; C — la pătlagină; D — la trifoiul alb; E — la stejar:
a — la mijloc; b — la baza pețiolului; F — la steregoaic; G — la palmierul evantai
(după Grințescu).

arc de cerc, cu deschiderea spre fața superioară a pețiolului (v. fig. 367); dacă fasciculele sînt numeroase, ele pot fi așezate după un *cerc complet*, și atunci fasciculul din planul median este mai mare. În multe cazuri, la anumite niveluri ale pețiolului, fasciculele în loc să rămînă distincte se unesc și formează un *arc continuu* de lemn la interior, dublat de un arc de liber la exterior. Așa se întîmplă la plop, stejar (v. fig. 368, E, a). Ca structură, fasciculele libero-lemnoase ale pețiolului sînt colateral închise, cu lemnul și liberul orientate ca și în limb. Cambiul apare foarte rar și rămîne în activitate un timp scurt. Pe măsură ce frunzele îmbătrînesc, în parenchimul din vecinătatea liberului se formează cordoane de sclerenchim care acompaniază fasciculele în lung, mărind rezistența pețiolului.

h. Căderea frunzelor

Frunzele arborilor care trăiesc în zona temperată, cu excepția coniferelor, cad în fiecare toamnă, lăsînd pe tulpină și pe ramuri cicatrice de formă regulată. Fenomenul căderii frunzelor este precedat de o serie de schimbări fiziologice și anatomice ale acestora. Frunzele îmbătrînite devin un balast pentru plantă. Îmbătrînirea lor se datorește depunerii unor mari cantități de substanțe minerale în membranele celulare în urma transpirației, precum și depunerilor din protoplast. Înlăturarea frunzei devine deci o necesitate

pentru plantă. Pentru a ne da seama de schimbările anatomice premergătoare căderii frunzelor, să facem o secțiune longitudinală prin baza unui pețiol de frunză de plop, trecînd și prin ramură, la sfîrșitul verii.

Pe această secțiune vom putea vedea că în pețiolul frunzei s-a format o pătură de suber, dispusă transversal, și care se racordează cu suberul ramurii (fig. 369, s.c.).

Fasciculele libero-lemnoase ale pețiolului nu sînt atinse de această placă de suber, în mijlocul căreia persistă fără a suferi modificări. Schimbările de substanțe dintre frunză și tulpină încă nu sînt întrerupte.

Ceva mai tîrziu, o secțiune similară ne arată că la exteriorul acestei plăci de suber, două-trei rînduri de celule ale parenchimului pețiolului, dispuse împrejurul acestuia, se disting de vecinele lor printr-un conținut mai bogat în amidon. Ansamblul acestora formează *pătura separatoare* (fig. 369, m), care cuprinde și liberul fasciculelor, numai vasele lemnoase rămînînd intacte.

Mai tîrziu, două straturi ale acestei pături se separă între ele, prin distrugerea lamelei mijlocii, cea internă își suberifică membranele celulelor. Acum, frunza mai este legată de tulpină numai prin vasele lemnoase și ea poate fi ruptă de vînt, ploaie sau chiar de greutatea proprie. O parte din pătura separatoare cade odată cu frunza, iar cea suberificată rămîne pe tulpină, se întinde acum peste rana cauzată de căderea frunzei, cicatrizînd-o. Mecanismul fiziologic al căderii frunzelor este, în realitate, mult mai complex. Pe parcursul lui se manifestă fenomene de corelație dintre muguri și frunze, dintre frunzele mai tinere și altele mai bătrîne, acțiunea unor hormoni din grupa kininelor și apariția unui „factor de îmbătrînire” numit *abscisină*.

Cauza căderii frunzelor este o adaptare istorică a plantei la mediu. Renunțînd la frunze, planta evită pierderea apei atunci cînd nu poate absorbi alta din solul rece.

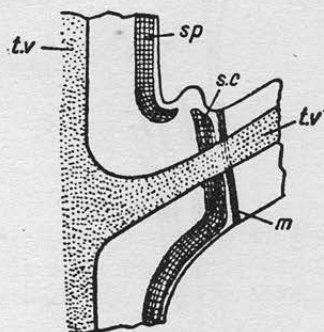


Fig. 369. Mecanismul căderii frunzelor :

l.v. — țesut vascular; s.p. — suber epidermic; s.c. — suber de cicatrizare; m — pătura separatoare (după Bonier).

i. Originea filogenetică a frunzei

După teoria caulinară sau telomică, corpul plantelor vasculare este în esență format din axe. Axa este organul fundamental, iar rădăcina și frunza reprezintă modificări ale acesteia apărute în decursul filogenezei și care și-au dobîndit o anumită independență morfologică, fără ca între cele trei organe ale cormului să existe vreo barieră.

Frunza, după această concepție, este o axă sau un sistem de axe foliarizate, adică trecute de la simetria radială la cea monosimetrică, simetria

și creșterea limitată fiind principalele deosebiri dintre tulpină și frunză. De altfel, tulpinile de *Lycopodium selago* sînt și ele organe monosimetrice, iar cladodiile, deși ramuri, au forme și funcțiuni de frunze.



Fig. 370. *Psilophytales*.
Rhynia:
sp — sporangii (după Kidston
și Lang, din Strasburger).

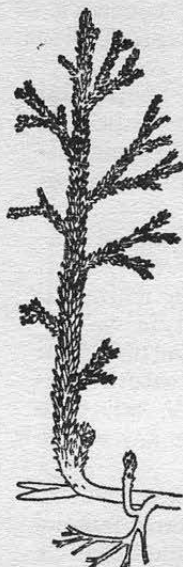


Fig. 371. *Psilophytales*.
Asteroxylon (după
Kidston și Lang,
din Strasburger).

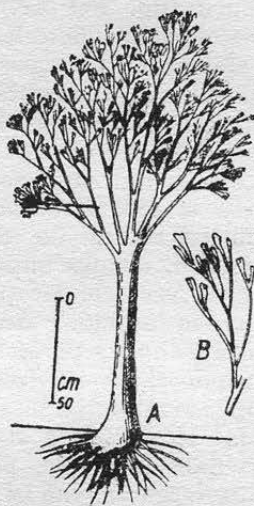


Fig. 372. *Psilophytales*.
Pseudosporochneus:
A — planta întreagă; B — ter-
minația unei ramuri (după
Kidston și Lang din
Strasburger).

Drumul pe care l-au urmat organele axiale ale plantelor pînă la transformarea lor în frunze, precum și stabilirea precisă a organelor premergătoare ale frunzelor este încă greu de descifrat, din cauza prea puținelor resturi de plante rămase ca fosile. În ordine cronologică, frunza a apărut în urma tulpinii. Cele mai primitive criptogame vasculare de uscat, *Psilophytales* care au trăit în era paleozoică (silurian, devonian), aveau reprezentanți fără frunze, ca *Rhynia* (fig. 370), alții cu axa și ramurile acoperite cu mici emergențe verzi și asimilatoare, capabile de fotosinteză, ca *Asteroxylon* (fig. 371), alții, în sfîrșit, cu extermitățile dicotomice ale ramurilor lățite și „foliarizate”, ca *Pseudosporochneus* (fig. 372). Se pare că emergențele de *Asteroxylon* trebuie considerate ca primii reprezentanți ai frunzelor de tip mic (microfile), iar telomele lățite ca primele frunze de tip lat (macrofile).

IV

ÎNMULȚIREA PLANTELOR

A. GENERALITĂȚI DESPRE ÎNMULȚIREA PLANTELOR

Înmulțirea este una din însușirile fundamentale ale materiei vii și ea constă în proprietatea pe care o au ființele de a da naștere la urmași asemănători cu ele, asigurându-se prin aceasta permanența vieții pe Pământ și perpetuarea speciilor.

Înmulțirea este o manifestare vitală a organismelor, care decurge din metabolism, prin predominarea proceselor de asimilație asupra celor de dezasimilație, în decursul autoreînnoirii substanței vii din corpul acestora.

Formele de înmulțire care se întâlnesc la plante pot fi grupate în trei mari categorii: a) *înmulțirea vegetativă*, b) *înmulțirea asexuată* și c) *reproducerea sexuată*.

a) *Înmulțirea vegetativă* este însușirea plantelor de a produce un organism nou pornind de la un organ vegetativ, de la un fragment al unui asemenea organ, de la anumite țesuturi sau chiar de la o singură celulă.

b) *Înmulțirea asexuală* se face prin celule special adaptate la înmulțire, numite *celule germinative*, care se formează numai într-o anumită etapă a dezvoltării plantelor, când acestea au ajuns la maturitate. La formarea celulelor germinative asexuate nu participă niciodată două celule de sex diferit. Cele mai des întâlnite forme de celule germinative asexuate la plante sînt sporii.

c) *Reproducerea sexuată* este modul de înmulțire care se face pornind de la o celulă germinativă numită *ou* sau *zigot*, la formarea căruia iau parte două celule de sex contrar numite *gameți* sau *celule sexuale*, una femeiască și alta bărbătească.

În vorbirea curentă noțiunile de *înmulțire* și *reproducere* sînt întrebuințate ca sinonime, cu toate că de fapt ele nu sînt. Într-adevăr, înmulțirea implică o creștere a numărului de indivizi, pe cînd reproducerea se face cînd un organism produce, înainte de a muri, un alt organism-fiu, asigurînd astfel continuitatea speciei. Ce-i drept, însă, în natură reproducerea este de regulă și o înmulțire.

1. ÎNMULȚIREA VEGETATIVĂ

Acest mod de înmulțire se mai numește și *regenerare*, și este singurul mod nelegat de o anumită etapă de dezvoltare a plantei-mame.

Diviziunea celulară a bacteriilor și a multor alge, *înmugurirea* unor ciuperci unicelulare, *fragmentarea talului* de la multe alge filamentoase, ciuperci și licheni, sînt modalități de înmulțire vegetativă des întîlnite la plantele inferioare. Fragmentarea se poate întîlni și la unele plante superioare, cum sînt: *Salvinia*, *Lemna*, *Opuntia* etc., constituind însă un fenomen rar.

Organele prin care se înmulțesc plantele superioare pe cale vegetativă sînt: *tulpinile subterane*, *stolonii*, *drajonii* și *mugurii hibernali*.

Prin *tulpini subterane* se înmulțesc toate plantele ierboase perene; prin *rădăcini tuberizate* se înmulțesc gherghinele, prin *tuberule* și *bulbile* se înmulțesc grîușorul și *Dentaria bulbifera*, prin *lăstărire* — apariția de lăstari noi din mugurii adventivi ai tulpinilor — se înmulțesc mulți arbori din pădurile noastre, prin lăstari nou-născuți în inflorescență se înmulțesc multe plante, numite de unii botaniști, în mod impropriu, „vivipare”, ca de exemplu *Poa alpina* var. *vivipara*.

Stolonii aeriени sînt ramuri cu internodii lungi, care cresc orizontal și ale căror noduri, în contact cu pămîntul, dau rădăcini adventive în jos, lăstari ortotropi în sus. După distrugerea stolonului, fiecare lăstar ortotrop va constitui o plantă independentă. În modul acesta se înmulțește fraga, smeurul, piciorul-cocoșului tîrîtor etc.

Drajonii sînt lăstarii născuți din mugurii adventivi ai rădăcinilor; prin drajonare se pot înmulți mulți arbori, ca fagul, teiul, salcîmul, arbuști ca liliacul, gutuiul, trandafirul, sau buruieni ca pălămida, pirul, păpădia și altele.

Mugurii hibernali se întîlnesc la plante acvatice ca *Utricularia*, *Stratiotes*, *Hydrocharis* etc. Ei se formează toamna în vîrfurile tulpinilor sau ramurilor, se încarcă cu amidon și cad la fundul apei unde ierneză. Primăvara, consumîndu-și rezerva, se ușurează, se ridică la suprafața apei și încolțesc, dînd cîte o nouă plantă.

Există plante pentru care înmulțirea vegetativă constituie procesul normal și obligatoriu de reproducere. Așa sînt mușchii și gramineele. Prin înmuguriri și ramificări repetate, aceste plante produc tufe și sfîrșesc prin a forma populații compacte, fără intervenția nici unui proces sexual. De asemenea, multe plante exotice care nu fructifică în zona climatică temperată (mușcata, fuxia etc.), sau altele cu specii dioice, din care numai una a ajuns într-un teritoriu (*Elodea* trăiește în Europa numai ca indivizi femeli; plopul italian se cultivă numai ca indivizi bărbătești), se înmulțesc exclusiv pe cale vegetativă.

Înmulțire vegetativă artificială se numește acea înmulțire pe care o practică omul, servindu-se de organe vegetative. Se recurge la înmulțirea vegetativă artificială atunci cînd unele plante nu produc semințe sau

acestea nu ajung la maturitate, cum este cazul la mușcată, fuxie, cartofi, viță-de-vie, magnolia etc. Prin acest mijloc se ajunge mai repede la plante mature decât prin înmulțirea prin semințe și, în același timp, se păstrează mai bine caracterele unor plante, mai ales hibride.

Mult întrebuințate în practica pomicolă și hortiviticolă sînt mai ales trei metode de înmulțire vegetativă, și anume: *butășirea*, *marcotajul* și *altoirea*.

Butășirea constă în a desprinde de pe o plantă un fragment de organ vegetativ numit *b u t a ș*, capabil să refacă un nou individ, și în a-l planta cu polul bazal în pămînt, unde acesta va da naștere la rădăcini adventive. Drept butași pot servi: fragmente de tulpină sau de ramuri (*butași tulpinali*), porțiuni de rădăcină (*butași radiculari*) sau frunze (*butași foliari*). Ultimii sînt mai rari, plante care produc rădăcini adventive pe frunze sau muguri adventivi pe aceleași organe fiind puține: *Begonia* (fig. 373), *Coleus*, *Gloxinia* etc. Muguri adventivi pot produce frunzele de *Bryophyllum* (fam. *Crassulaceae*) (fig. 374), în creștăturile de pe marginile limbului, care pot regenera fiecare cîte o nouă plantă.

Pot fi înmulțite prin butășire numai plantele capabile să producă rădăcini adventive. Butașii înrădăcinează mai repede și mai abundent dacă



Fig. 373. Frunză de *Begonia*, cu butași (după Strasburger).

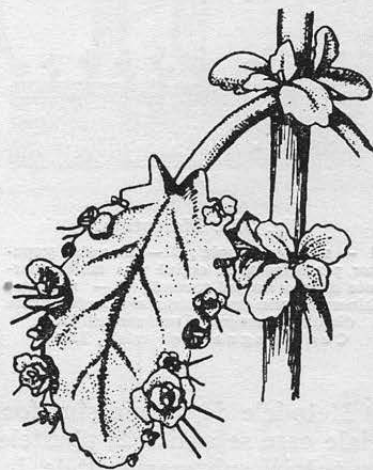


Fig. 374. *Bryophyllum*, cu muguri adventivi pe frunze (după Strasburger).

sînt tratați înainte de sădare cu niște substanțe speciale numite *rizogene*, cum sînt auxinele, acizi organici diferiți (indolpropionic, indolbutilic, naltalen-acetic etc.).

Marcotajul se deosebește de butășire numai prin aceea că în acest caz lăstarii întrebuințați pentru înmulțire — numiți *marcote* — nu se desprind de pe planta-mamă decât după ce și-au format rădăcini adventive. (Procedeul are mai multe variante, cum se văd în fig. 375).

Altoirea, transplantarea sau grefarea este metoda prin care se pun în contact intim, pe o suprafață mare formată din țesuturi vii, un butaș sau un mugur, care constituie altoiul, cu o plantă care are rădăcini și care se numește portaltoi, contact care duce la concreșterea celor doi parteneri. Altoiul, lipsit de rădăcini, primește apa cu substanțele minerale de la portaltoi, iar acesta din urmă primește substanțe elaborate de altoi.

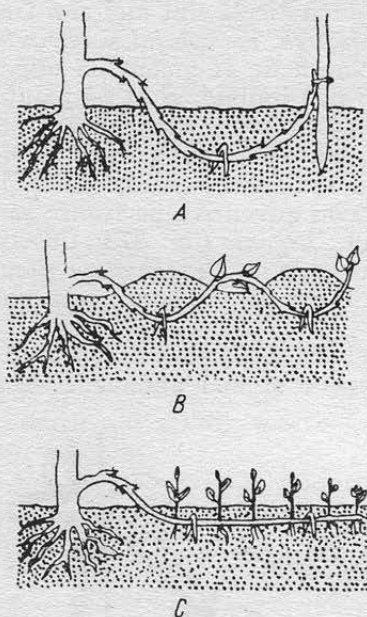


Fig. 375. Marcotajul:

A — marcotaj simplu; B — marcotaj șerpuitor, permițând să se obțină mai multe marcote dintr-o singură ramură; C — marcotaj chinezesc, prin care se obțin mai multe plante din diferiți muguri ai unei ramuri (după Champagnat și colab., 1969).

După dezvoltarea ramurilor altoiului, de obicei se suprimă organele aeriene ale portaltoiului. Se obține astfel un fel de simbioză între două plante, dintre care una — altoiul — furnizează aparatul aerian, cealaltă — portaltoiul — pe cel subteran.

Prin altoire se urmărește păstrarea calității unor varietăți de plante cultivate, mai ales pomi fructiferi, care altfel ar fi supuse variațiilor datorită polenizării încrucișate.

De asemenea, pe portaltoi sălbatici sau aparținând unor varietăți mediocre se grefează altoi de arbori fructiferi selecționați ce vor da fructe de o calitate mai bună. În cazul viței-de-vie din soiuri nobile, sensibile la atacul filoxerei, se altoiesc lăstari nobili de portaltoi de viță americană rezistentă la această insectă. Nucul nobil european (*Juglans regia*) se altoiește pe nuc negru (*Juglans nigra*) ale cărui rădăcini sînt mai rezistente la bolile criptogamice.

Metodele de altoire sînt foarte numeroase și variate. Există metode speciale care se aplică la plantele lemnoase, altele la cele ierboase, la plantele cu tulpini subterane, altele, în fine, care se aplică numai la anumite familii, ca de exemplu: *Gramineae*, *Solaneae*, *Cucurbitaceae* etc.

Dintre metodele de altoire care se aplică la plantele lemnoase, cele mai frecvente sînt următoarele: a) altoirea prin apropiere, b) altoirea prin copulație, c) altoirea în despicătură, d) altoirea sub coajă și e) altoirea „în ochi”.

a) *Altoirea prin apropiere* sau *prin alipire* se poate face numai între două plante crescute alături. Se îndepărtează prin tăiere de pe ambele plante fișii egal de lungi și de late de scoarță, avînd grijă ca părțile astfel operate să fie așezate față în față și la același nivel. Pe partea opusă tăieturii, planta care se utilizează ca altoi trebuie să aibă un mugur. Se alătură plantele astfel operate prin tăieturile lor și se leagă strîns, lăsîndu-se astfel

pînă la completa sudare a țesuturilor în contact (fig. 376, A). Cînd mugurul altoiului pornește să se dezvolte, se taie comunicarea lui cu planta-mamă, așa încît el este obligat să se hrănească prin sistemul radicular al portaltoiului.

b) *Altoirea prin copulație* se face între un altoi și un portaltoi de aceeași grosime. Capetele celor doi parteneri se taie foarte oblic și exact la fel, astfel încît secțiunea lor să coincidă perfect (fig. 376, B).

c) *Altoirea în despicătură* se practică în cazul cînd portaltoiul este mai gros decît altoiul. Primul se secționează transversal, apoi se despică ușor în lung (fig. 376, C). Despicătura poate interesa întreaga tulpină a portaltoiului sau se face numai pînă la jumătatea acesteia, în care caz altoirea se numește „în semidespicătură”.

Altoiul constă dintr-un lăstar cu 2–3 muguri, tăiat la ambele capete și ascuțit la partea inferioară în formă de pană. Cu această parte, el se introduce în despicătura portaltoiului și se leagă pînă la sudarea lor.

d) *Altoirea sub coajă* seamănă cu precedenta în ceea ce privește altoiul, numai că acesta se ascute a polul bazal în formă de pană tangențială și se introduce, nu într-o despicătură a altoiului, ci sub coaja acestuia, crestată în prealabil longitudinal (fig. 377, A).

În toate cazurile de altoire citate, rănille partenerilor se ung și se astupă cu ceară de altoit și apoi se leagă. Operația are ca scop să împiedice pătrunderea apei, a bacteriilor sau a sporilor de ciuperci parazite în rană.

e) *Altoirea „în ochi”* sau *oculația* este cea mai indicată, deoarece în acest caz se provoacă o rană mică portaltoiului și sudura dintre parteneri se face repede. Pentru executarea altoirii în ochi se face

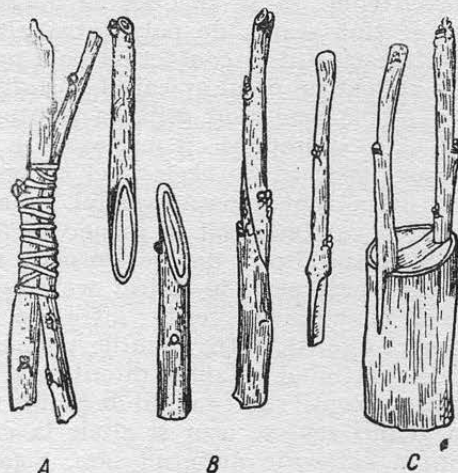


Fig. 376. Modalități de altoire:

A — prin apropiere; B — prin butași; C — în despicătură (după Rjavitin).

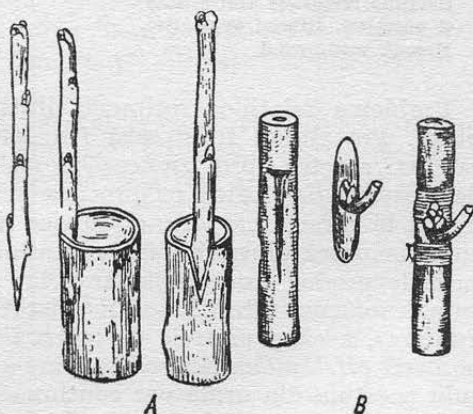


Fig. 377. Altoirea sub coajă (A) și altoirea „în ochi” (B) (după Ghenkel din Morariu).

în coaja portaltoiului o tăietură în formă de *T* (fig. 377, *B*), ale cărei margini se îndepărtează cu grijă de lemn, pînă se introduce sub ea altoiul, apoi se leagă la loc. Aici altoiul constă dintr-un mugur cu puțină coajă, tăiată în formă de scut. Porțiunea de portaltoi situată deasupra mugurelui nu se îndepărtează decît după ce acesta „s-a prins” și din el începe să se dezvolte un lăstar.

Oricare dintre metodele de altoire enumerate s-ar întrebuița, în practică trebuie să se țină seama de anumite reguli. În primul rînd trebuie să se țină seama de polaritatea altoiului, cei doi parteneri nesudîndu-se decît dacă sînt în contact cu polii opuși: polul bazal al altoiului trebuie să fie aplicat pe polul apical al portaltoiului.

Trebuie apoi avut grijă ca țesuturile identice ale altoiului și portaltoiului să se suprapună cît mai exact și să se lege cît mai strîns, știut fiind că numai țesuturi de același fel concresec. În operația concreșterii, rolul cel mai important îl joacă cambiul. De aceea altoirea reușește mai ușor la plantele cu cambiu decît la monocotiledonate, care nu au cambiu.

Succesul altoirii depinde în mare măsură de înrudirea filogenetică dintre cei doi parteneri: în cadrul aceluiași soi și specii, altoirile reușesc mai ușor decît între specii diferite; între specii, altoirile reușesc mai ușor decît între genuri diferite, între genurile unei familii ele reușesc mai ușor decît între cele aparținînd la familii diferite etc. De la această regulă însă sînt și numeroase excepții: sînt familii de plante în interiorul cărora altoirile între specii și genuri reușesc ușor și altele la care astfel de operații nu reușesc. Din prima categorie amintim fam. *Solaneae*, *Cucurbitaceae*, *Papilionaceae*.

Greutatea reușitei altoirilor îndepărtate se explică prin deosebirea biochimică a plasmei partenerilor, ca rezultat al dezvoltării lor istorice deosebite.

Relațiile reciproce dintre altoi și portaltoi. Hibrizi vegetativi. Metoda mentorului

Problema relațiilor reciproce dintre altoi și portaltoi este foarte complexă. Portaltoiul furnizează frunzelor altoiului apa cu substanțe minerale, iar acestea aprovizionează portaltoiul cu substanțe asimilate. Această dependență fiziologică reciprocă a celor doi parteneri se oglindește foarte diferit în caracterele lor morfologice și biochimice. Există cazuri cînd influența reciprocă dintre altoi și portaltoi pare infimă: altoind roșii pe cartof, primele produc fructe obișnuite, iar cartofii tuberculi caracteristici, ca și cum fenomenul altoirii n-ar fi existat. Altoind floarea-soarelui (*Helianthus annuus*), a cărei materie de rezervă caracteristică este amidonul, pe napi porcești (*Helianthus tuberosus*), care au ca materie de rezervă inulina, tuberculi acestuia din urmă vor continua să înmagazineze inulina, deși fotosinteza au efectuat-o frunzele de floarea-soarelui.

Altoind cartof pe tutun, în frunzele cartofului apare nicotina, alcaloid specific tutunului. Aici influența portaltoiului este puternică.

I. V. Miciurin (1855—1935), care și-a consacrat aproape întreaga viață experiențelor asupra îmbunătățirii calităților pomilor roditori, a putut dovedi că influența redusă între partenerii citați mai înainte se explică prin aceea că ei reprezentau organisme cu ereditatea stabilizată și cu un chimism al proceselor interne bine precizat.

Dimpotrivă, când unul din partenerii altoirii este tânăr, cu ereditatea încă nefixată sau „zdruncinată” de om în prealabil, pe cale experimentală, acesta poate fi foarte mult schimbat sub influența partenerului mai bătrîn, mai stabil în însușirile sale. Cu alte cuvinte, un organism vegetal tânăr poate fi influențat în mod unilateral, el poate fi „educat” de către un alt organism matur, numit *mentor* sau *educator*. Oricare dintre partenerii de altoire poate juca rol de educator sau de educat, aceasta depinzînd de gradul lui de stabilitate ereditară. Aceasta este baza *metodei mentorului* elaborată și mult practică de Miciurin, metodă bazată pe relațiile reciproce dintre partenerii din altoire și prin care se pot schimba caracterele unui puiet tânăr, creindu-se soiuri noi de plante conform cu dorințele omului.

Planta-mentor trebuie să îndeplinească următoarele condiții: 1. să fie mai vîrstnică; 2. să fie de mult timp adaptată la condițiile de mediu din locul dat; 3. să prezinte caractere utile pe care vrem să i le imprimăm plantei educate și 4. să aibă un frunziș bogat, pentru a sintetiza cît mai multe asimilate.

Planta educată trebuie să aibă un organism maleabil, ușor de transformat. Pentru aceasta, trebuie: 1. să fie tînără, la începutul dezvoltării sale, când ereditatea ei încă nu este complet consolidată; 2. să fie, de regulă, un hibrid, a cărui ereditate este „zdruncinată”; 3. să aibă frunziș redus, spre a fi forțată să asimileze seva elaborată de mentor.

Tot Miciurin a fost acela care a reușit să dovedească faptul că influența dintre altoi și portaltoi nu este numai de ordin cantitativ ci, în anumite condiții, schimbările produse de un partener asupra celuilalt pot deveni ereditare. Prin astfel de constatări și experiențe, Miciurin a pus bazele metodei hibridării vegetative.

Un *hibrid vegetativ* este un organism vegetal care provine din unirea, pe cale vegetativă (prin altoire sau prin alte metode), a două organisme cu eredități diferite și care prezintă un amestec de caractere ale celor doi parteneri care i-au dat naștere.

Se cunoaște de mult hibridul vegetativ *Cytisus adami*, produs de horticultorul francez A d a m în 1829, prin altoirea salcîmului galben (*Cytisus laburnum*) pe planta cu flori roșii (*Cytisus purpureus*). Acest hibrid produce flori roze, culoare intermediară între aceea a florilor celor doi parteneri. Unele exemplare de *Cytisus adami* pot produce chiar trei feluri de flori: unele roșii, altele galbene și altele roze.

Ch. D a r w i n cunoaștea acest hibrid, precum și alți hibrizi vegetativi creați de L u t h e r B u r b a n k în America, de L u c i e n D a n i e l în Franța și de alții. El a consacrat problemei hibridării vegetative un capitol

întreg din cartea sa *Variabilitatea animalelor și plantelor în stare de domesticire* (1868), în care a admis că hibridii vegetativi sînt asemănători întru totul cu indivizii sexuați, cunoscute mai demult.

2. ÎNMULȚIREA ASEXUATĂ

Spre deosebire de înmulțirea vegetativă, care se realizează cu ajutorul unor organe sau fragmente de organe *nespecializate*, capabile să-și regenereze părțile care le lipsesc și să refacă un nou individ, înmulțirea asexuată se face prin *celule specializate* asexuate, numite și celule *germinative asexuate*.

Cele mai frecvente celule germinative asexuate la plante sînt spori¹.

Sporii sînt de diferite categorii, cele mai des întîlnite fiind: sporii obligatori și facultativi, haplosporii și diplosporii, exosporii și endosporii, zoosporii și aplanosporii, izosporii și heterosporii.

Sporii obligatori intervin în desfășurarea ciclului evolutiv al plantei respective, iar în lipsa lor acest ciclu nu se poate îndeplini. Sporii mușchilor, ai ferigilor, sporii ciupercilor superioare etc. sînt spori obligatori.

Sporii facultativi pot să se producă sau nu, ciclul de dezvoltare a plantei desfășurîndu-se normal și în lipsa lor. Sporii de rezistență ai bacteriilor sînt facultativi. Ei sînt produși numai sub influența unor condiții nefavorabile ale mediului.

Sporii haploizi sînt aceia care posedă un nucleu cu n cromozomi. Ei iau naștere din celulele-mame ale sporilor, prin diviziune reduțională.

Așa sînt sporii mușchilor și ferigilor. Sporii diploizi, mult mai rar întîlniți la plante, au un număr de $2n$ cromozomi în nucleu. Ei iau naștere din celule diploide, prin diviziune tipică.

Exosporii se numesc sporii care iau naștere la exteriorul unui organ sporogen, cum sînt, de exemplu, sporii de *Penicillium*, iar endosporii se formează în interiorul unor celule sau organe (sporangii). Sporii de mucegai, cei de mușchi sau ferigi sînt endosporii.

Sporii mobili sau *zoosporii* au organe de mișcare, cili sau flageli, și se

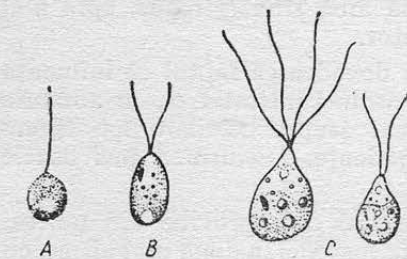


Fig. 378. Tipuri de zoospori:
A - la *Olpidium*; B - la *Chlorococcum*; C - la *Ulothrix* (după Grințescu).

găsesc la flagelate, la multe alge brune și ciuperci inferioare, pe cînd sporii lipsiți de astfel de organe se numesc *spori imobili* sau *aplanosporii*. Așa sînt sporii algei *Chlorella*.

Zoosporii pot avea flageli egali sau inegali, inserați la vîrf sau lateral, în număr de 1, 2, 4 sau mai mulți etc. (fig. 378).

¹ De la grec. *sporos* = sămință.

Izospori se numesc sporii egali ca formă, mărime și structură, așa cum sînt sporii de mușchi și ferigi; *heterospori* se numesc sporii inegali, unii fiind mai mari (*macrospori*) și alții mai mici (*microspori*). *Selaginella* este un exemplu de plantă cu spori inegali.

3. REPRODUCEREA SEXUATĂ

Se numește „sexuat” acel mod de înmulțire în care celula germinativă care constituie punctul de plecare pentru un nou individ este *oul* sau *zigotul*¹, și acest ou ia naștere din unirea a două celule de sex contrar, numite *gameți*² sau *celule sexuale*. Unirea gameților se numește *fecundație*.

Gameții se formează numai în stadiul adult al organismului.

Procesul sexual, deși nu este absolut general la plante, deoarece nu se cunoaște la unele bacterii, alge albastre și multe flagelate, la marea majoritate a viețuitoarelor prezintă un caracter de absolută necesitate. În viața organismelor intervine un moment în care creșterea, care pînă atunci se făcea foarte activ, își încetinește ritmul; unei perioade juvenile de expansiune, caracterizată printr-un metabolism intens, o activitate de sinteză și de diferențiere ridicată, îi urmează o fază de maturitate, în decursul căreia toate aceste activități se domolesc, își încetinesc ritmul sau se opresc. Atunci intervin fenomenele sexuale: apar gameții, se unesc și formează oul care va prezenta din nou caractere juvenile și se va dezvolta activ într-o nouă ființă, care, după o fază de tinerețe va ajunge și ea matură și va produce gameți, din unirea cărora va rezulta oul etc. Fiecare plantă, deci, fiecare ființă prezintă un ciclu de dezvoltare ale cărei momente decisive sînt cele legate de fecundație. Cu ocazia reproducerii sexuate, *viața* începe din nou. Oul nu moștenește nici o particularitate legată de vîrsta părinților săi și nici nu continuă dezvoltarea acestora, ci începe una nouă. De aceea, înmulțirea sexuală se mai numește reproducere și, pe drept cuvînt, este o modalitate superioară a înmulțirii. Aceasta deoarece în decursul ei apare o stare calitativă nouă — oul — care aduce cu sine o creștere a vitalității organismului, legată de contradicțiile interne care apar în ou în urma fuziunii celor doi gameți cu caractere diferite, provenind de cele mai multe ori și de la indivizi diferiți.

Pentru o mai bună cunoaștere a complicatelor procese sexuale, în cele ce urmează vom analiza: gameții, fecundația, diviziunea reducțională și alternarea de generații.

¹ De la grec. *zygon* = jug, legătură.

² De la grec. *gametes* = soț.

a. Gameții în regnul vegetal

Se numesc *gameți* sau *celule sexuale* acelea dintre celulele unui organism care sînt capabile să se unească cîte două, prin fecundație, și după fuziunea lor să dea naștere unui zigot sau unui ou, punct de plecare al unui nou organism, asemănător cu cel care a produs gameții.

Gameții plantelor superioare iau naștere din celule speciale numite *celule-mame ale gameților* sau *gametociți*¹, produse în organe numite *gametangii*².

Gametociții, cînd nu se formează pe un gametofit deja haploid, se divid reduțional, așa încît toți gameții sînt celule *haploide*, cu un număr de cromozomi redus la jumătate față de cel al gametocitului.

Din punct de vedere morfologic, gameții variază foarte mult la diferitele grupe de plante, și vor fi studiați la botanica sistematică o dată cu grupările respective.

Toți gameții plantelor se pot grupa în două categorii: *gameți egali* sau *izogameți* și *gameți inegali*, numiți și *anizogameți* sau *heterogameți*.

La primele alge la care apar (flagelate și alge verzi), gameții sînt celule flagelate, egale și care, morfologic, se confundă cu zoosporii aceluiași plante; fiziologic însă, ei se deosebesc, deoarece în timp ce fiecare zoospor poate

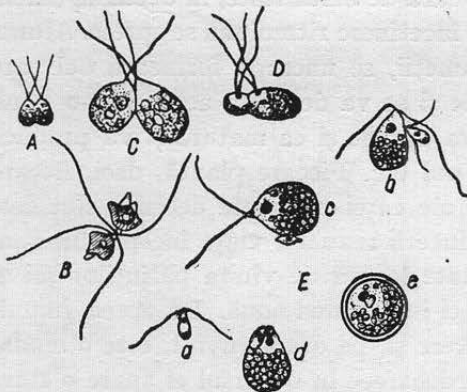


Fig. 379. Gameții și copulația la diferite flagelate și cloroficee:

A și B — izogameți; C și D — anizogameți (a, b, c, d — diferite faze ale copulației gameților) (după Ullrich)

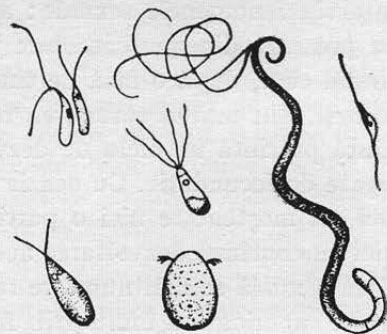


Fig. 380. Tipuri de spermatozoizi flagelate și cloroficee (după Ullrich).

produce o nouă plantă, gameții nu sînt capabili de aceasta. Ei trebuie să se unească și numai oul rezultat din fecundație poate reproduce un nou individ.

¹ De la grec. *gametes* = soț și *cytos* = celulă.

² De la grec. *gametes* = soț și *aggeion* = cavitate închisă.

Deja în grupa algelor verzi se observă cum gameții egali evoluează treptat în gameți inegali (fig. 379). Unul dintre ei devine tot mai voluminos, mai puțin mobil, se încarcă cu materii de rezervă și în cele din urmă își pierde ciliul sau flageliul, devenind complet imobil. Acesta este gametul femeiesc, *macrogametul* numit și *oosferă*. Celălalt gamet evoluează într-un sens tocmai invers: el devine din ce în ce mai mic, își reduce citoplasma la o simplă peliculă în jurul nucleului, nu mai posedă materii de rezervă și își mărește numărul cililor sau flagelilor. Este gametul bărbătesc, *microgametul* numit și *anterozoid* sau *spermatozoid* (fig. 380). Există foarte numeroase forme de trecere de la primii heterogameți, care abia se deosebesc între ei prin mărime (v. fig. 379, C), până la gameții diferențiați ai plantelor superioare. Același fenomen al trecerii gradate se remarcă și în ceea ce privește structura gametangiilor: la primele alge la care apar, gametangiile nu se deosebesc de oricare altă celulă vegetativă; treptat-treptat, structura acestora se tot complică, până se ajunge la organe diferențiate, *anteridii* și *arhegoane*, așa cum se găsesc la mușchi, ferigi și gimnosperme, primele fiind bărbătești, iar ultimele femeiești.

b. Fecundația. Modalitățile ei. Esența fecundației

După felul gameților care se unesc, fecundația poate prezenta mai multe variante, care se pot grupa în trei categorii: *izogamia*, *anizogamia* și *gametangia*.

Izogamia este unirea gameților egali. Foarte răspândită la alge și ciuperci, ea poate fi *completă*, în cazul când gameții, egali morfologic, se comportă la fel și fiziologic, în sensul că ambii sînt la fel de mobili, sau *incompletă*, când izogamia morfologică este de fapt o heterogamie fiziologică. Primul caz, izogamia completă, se întâlnește la multe grupuri de alge verzi (volvocale, ulotrichale, conjugate), la diatomee, mucegaiuri, drojdii și ciuperci superioare. La alga brună *Ectocarpus siliculosus* (fig. 381), cele două feluri de gameți, produși în gametangii în formă de sac alungit (A), sînt perfect egali morfologic, avînd fiecare cîte doi cili inegali inserați lateral, cel mai

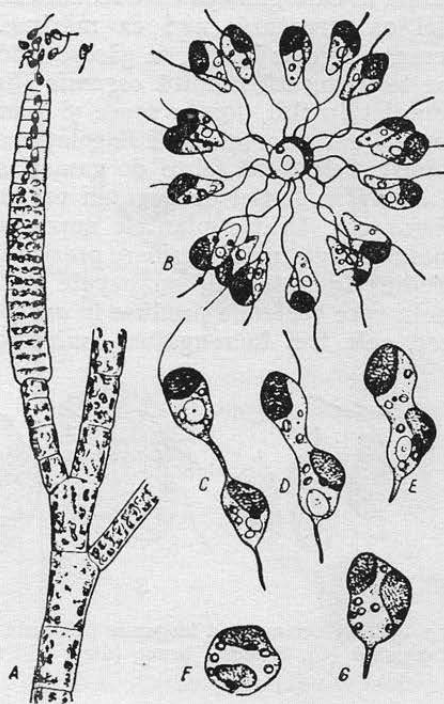


Fig. 381. Gameți și fecundația la *Ectocarpus siliculosus*:

A și B — gameți mobili înconjurînd gametul imobil;
C, D, E, F, G, — stadii succesive ale fuziunii celor doi
gameți (după Guillard).

lung fiind îndreptat înainte (B). În timpul fecundației, unul din gameți se fixează de substrat cu flagelul anterior, care se scurtează, în timp ce restul gameților rămași liberi îl înconjură (B). Unul din aceștia se apropie brusc de gametul imobil, în timp ce restul se împrăstie. Cei doi gameți în contact fuzionează treptat (C—F) și formează zigotul (G), capabil să reproducă o nouă algă. Gametul fixat se comportă ca femel, cel mobil ca mascul. Acest mod diferit de comportare al izogameților face trecerea spre anizogamie.

Anizogamia sau **heterogamia** este fecundația gameților inegali, în primul rând fiind diferiți ca mărime, apoi ca formă și ca structură. Sînt multe trepte intermediare între anizogamia cea mai simplă, la care gameții, ambii mobili și flagelați, prezintă abia mici diferențe de mărime, pînă la anizogamia în care gameții care fecundază nu mai seamănă de loc nici ca formă, nici ca structură, nici ca mărime. În cadrul unei singure încrengături, aceea a algelor brune, se găsesc treceri de la izogamie pînă la heterogamia foarte avansată numită *oogamie* (fig. 382). În oogamie gametul femeiesc, complet imobil, foarte mare și plin cu substanțe de rezervă, se numește *oosferă*, iar microgameții flagelați poartă numele de *spermatozoizi* sau *anterozoizi*. Cele două feluri de gameți sînt produși de organe speciale, *oogonii* și *anteridii*. Astfel de oogamii prezintă alga brună *Fucus*, alga verde *Vaucheria* etc. Dintre plantele superioare, briofitele, pteridofitele și gimnospermele cele mai inferioare prezintă tot *oogamie*. Spermatozoizii lor ciliați, produși în anteridii, au nevoie de un mediu lichid, singurul în care pot înota spre oosferă produse în *arhegoane* (după numele gamentagiului femeiesc, cele trei încrengături amintite se mai numesc și *Arhegoniate*).

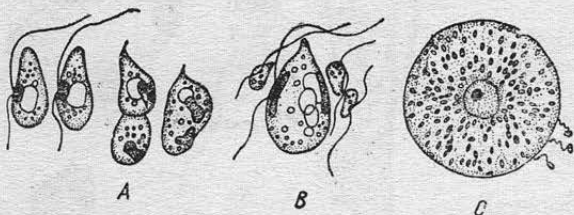


Fig. 382. Trecerea de la izogamie (A), prin anizogamie (B) la oogamie (C), la algele brune (după Strasburger).

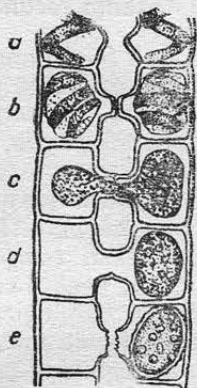


Fig. 383. Conjugarea la *Spirogyra*:

a, b, c, d, e — stadii succesive ale procesului (după Guilliermond).

La gimnospermele superioare și la angiosperme, încrengături care constituie împreună grupul fanerogamelor, spermatozoizii nu mai au cili, iar oosferile sînt afundate în țesutul ovulului. Gameții bărbătești, care nu mai ies din gametangiu și nu se mai pot deplasa, sînt duși la oosferă de către o proeminență a protalului mascul numită *tub polinic*. Fecundația fanero-

gamelor se mai numește, din această cauză, *sifonogamie*¹ iar plantele respective *sifonogame*.

Gametangia sau **gametangiogamia** este un mod de fecundație întâlnit numai la ordinul *Conjugatae* dintre algele verzi, la mucegai și multe alte ciuperci, și se caracterizează, în esență, prin faptul că aici întâi fuzionează celulele producătoare de gameți și numai după aceea se unesc și gameții.

La *Spirogyra* sau mătasea broaștei, algă verde aparținând ordinului *Conjugatae*, gametangia se numește *conjugare*. Alga aceasta nu produce nici zoospori, nici gameți mobili, iar fecundația are loc între două celule vegetative aparținând la două taluri vecine, care trimit una spre alta câte o prelungire (fig. 383); cele două prelungiri se ating, membrana dintre ele dispare și protoplastul unei celule (*e*) trece prin acest microtunel și fuzionează cu cel al celulei opuse. În jurul celor doi protoplaști care au fuzionat se formează o membrană groasă (*e*), și astfel a luat naștere un zigot din celule — izogameți — care s-au fecundat în interiorul gametangiilor fuzionate.

La *Mucor mucedo* sau mucegaiul alb, gametangiogamia are loc într-un alt mod: două extremități de hife se ating (fig. 384, *A*), se diferențiază în câte un gametangiu (*B*), iar cele două gametangii fuzionează (*C*) fără ca în interiorul lor să se fi diferențiat gameți și formează un zigot (*D*), care nu se naște în gametangii, ci între ele, pereții celor doi gametangii fuzionați formând membrana zigotului. Prin germinarea zigotului se nasc noi miceli, dintre care unele produc sporangii (*E*).

Gametangia este un mijloc prin care talofitele inferioare se pot înmulți și în mediul aerian, fără gameți ciliați și fără a fi necesară prezența apei.

Fenomenele intime ale fecundației.

Izogamia, anizogamia și gametangia reprezintă numai fenomenele externe ale fecundației. Fenomenele intime ale acestui proces sînt *plasmogamia* sau fuziunea citoplasmelor și mai ales *cariogamia* sau fuziunea nucleilor celor doi gameți. Într-adevăr, dintre toți constituenții gameților: citoplasmă,

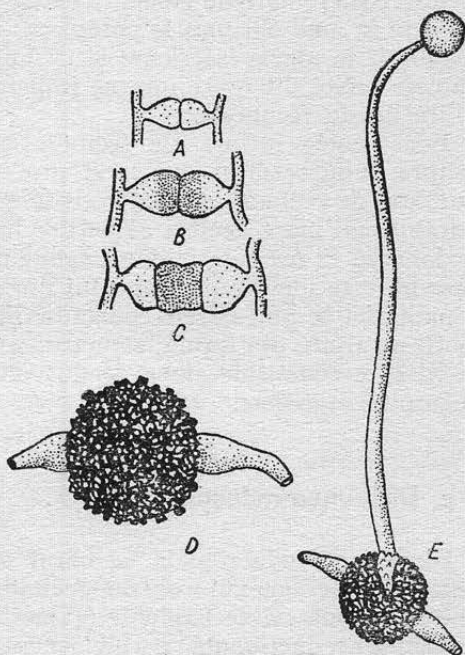


Fig. 384. Formarea zigotului la *Mucor*:
A — ramurile copulatoare; B — delimitarea gametangiilor; C — copulația gametangiilor; D — zigot-matur; E — încolțirea zigotului (după Strasburger).

¹ De la grec. *sipho* = tub și *gameo* = a se uni.

nucleu, plastide, condriozomi, vacuole etc., numai primele două fuzionează; toți ceilalți constituenți doar se amestecă, fără să fuzioneze. Cum spermatoizii multor plante posedă foarte puțină citoplasmă, înseamnă că dintre toate fenomenele intime ale fecundației cel mai de seamă, deși nu singurul important, este cariogamia. Acest fenomen are loc numai dacă cei doi gameți sînt produși de o aceeași specie sau de specii înrudite ale aceluiași gen. Gameții au deci o specificitate foarte avansată, care se manifestă chiar și la izogameți. Punînd într-un vas cu apă izogameți de *Ulva*, *Ulothrix* sau alte alge verzi izogame, vom putea constata că gameții provenind de la același tal însoată alături, dar nu fuzionează. Amestecînd gameți provenind de la două taluri diferențiate fiziologic ale aceleiași specii, ei fuzionează. Cu toate că gameții respectivi sînt egali și cu toate că ei nu prezintă nici o diferențiere într-un gamet mascul și altul femel, ei au tendințe opuse pe care în mod obișnuit le notăm cu + și -. Fenomenul acesta este foarte răspîndit la algele inferioare și la ciuperci și el ne arată că pînă și la izogameți există diferențe interne imperceptibile, dar care condiționează posibilitățile de fecundație.

Fenomenele intime ale fecundației au urmări extrem de importante asupra oului rezultat din acest proces, și anume: 1. în ou se reîntregește numărul de cromozomi caracteristic speciei; 2. vitalitatea oului este incomparabil mai mare decît a gameților luați în parte, și 3. cei doi gameți care fuzionează în fecundație dau naștere unei celule calitativ-nou, și anume oul, care nu este identic cu nici unul din gameți, și nici cu suma lor. În actul fecundației se pun bazele contradicțiilor interne ale viitoareii ființe, contradicții rezultate din forma, structura și originea diferită a gameților, contradicții care constituie sursa de dezvoltare a embrionului și sursa vitalității viitorului organism.

c. Diviziunea reducțională

Diviziunea reducțională, al cărui mecanism se cunoaște de la citologie, reprezintă fenomenul contrar fecundației: în timp ce în fecundație, din unirea a două celule haploide (gameții) rezultă o celulă diploidă (oul), prin diviziune reducțională o celulă-mamă a sporilor, diploidă, dă naștere la patru spori haploizi. Din aceștia vor rezulta în cele din urmă gameți haploizi, prin fecundația cărora va lua naștere oul diploid, punctul de plecare pentru o nouă plantă diploidă, care la maturitate va produce și ea celule-mame ale sporilor, ce se vor divide reducțional și vor da apoi spori haploizi etc. Știînd că, în general, o specie de plantă are un număr constant de cromozomi, înseamnă că există un mecanism care reduce la jumătate numărul de cromozomi și compensează dublarea numerică a acestora în fecundație. Acest mecanism este diviziunea reducțională sau *meioza* și el asigură constanța numărului de cromozomi al speciei de-a lungul numeroaselor ei generații. Momentul apariției diviziunii reducționale variază la diferitele grupuri de plante.

d. Alternarea de generații

Fecundația și diviziunea reducțională, prima dublînd numărul cromozomilor în zigot și cea de a doua reducîndu-l la jumătate în gameți, constituie două puncte cardinale în ciclul de dezvoltare al oricărei ființe capabile de reproducere sexuală.

Într-adevăr, procesele amintite împart viața individuală a fiecărui organism în două perioade sau faze, și anume : o fază diploidă și una haploidă.

— *Faza diploidă* sau *diplofaza* începe cu fecundația și se termină cu diviziunea reducțională. Nucleii tuturor generațiilor de celule care se perindă între cele două procese antagoniste amintite posedă un număr dublu de cromozomi, $2n$ sau $2x$. Ei sînt deci *diploizi*, de unde și numele fazei. Indiferent ce forme îmbracă în desfășurarea ciclului de dezvoltare a plantei, ansamblul de celule diploide nu produce niciodată organe sau celule sexuale, de aceea faza diploidă se mai numește și fază *asexuală*. Dimpotrivă, singura fază care dă naștere la organe sau celule producătoare de spori este diplofaza și de aceea ea se mai numește și *sporofit*.

— *Faza haploidă* sau *haplofaza* începe cu diviziunea reducțională și se încheie cu fecundația. Nucleii tuturor celulelor care aparțin acesteia, indiferent cîte și ce fel de forme îmbracă ansamblul lor în desfășurarea ciclului de dezvoltare a plantei, sînt *haploizi*, n sau x . Totdeauna reprezentanții fazei haploide sînt aceia care produc organe și celule sexuale, de unde și numele de fază *sexuală* sau *gametofit* care i se mai dă.

În ciclul de dezvoltare a oricărui organism cu sexualitate, cele două faze se succed în mod obligatoriu, și această succesiune obligatorie se numește *alternare de generații*.

Fenomenul alternării de generații a fost descoperit de către botanistul Hofmeister (1851) la mușchi și ferigi. Studii citologice precise, efectuate mai tîrziu, au dovedit că alternarea de generații este generală la plantele cu sexualitate și se întîlnește de la talofite pînă la angiosperme.

În ceea ce privește partea pe care o ocupă o fază sau alta în ciclul dezvoltării, durata ei și gradul de organizare a ansamblului de celule care o constituie, acestea variază foarte mult în cadrul diferitelor grupuri de plante. Din acest punct de vedere, organismele pot fi clasificate în trei categorii : *haplobionte*, *diplobionte* și *haplodiplobionte*.

a) *Organismele haplobionte* sau *haplonte*, foarte răspîndite printre alge (*Monostroma*, *Spirogyra*, *Ulothrix*, *Vaucheria* etc.) și ciupercile inferioare (aproape toate ficomicetele), se caracterizează prin aceea că la ele întregul aparat vegetativ este haploid. Gameții produși de celule vegetative se unesc prin fecundație și dau naștere zigotului, *singurul diploid* din întregul ciclu de dezvoltare a plantei. Prima diviziune a zigotului este reducțională; din el se nasc patru spori haploizi capabili să dea fiecare cîte un nou organism haploid (fig. 385).

b) *Organismele diplobionte sau diplonte*, rare printre plante (diatomee, unele alge sifonale, drojdiile dintre ciuperci) sînt reprezentate de către toate animalele metazoare. Din punctul de vedere al alternării de generații, ele se comportă exact invers decît cele haplobionte. La acestea întregul organism reprezintă diplofaza. Diviziunea reducțională precede nemijlocit

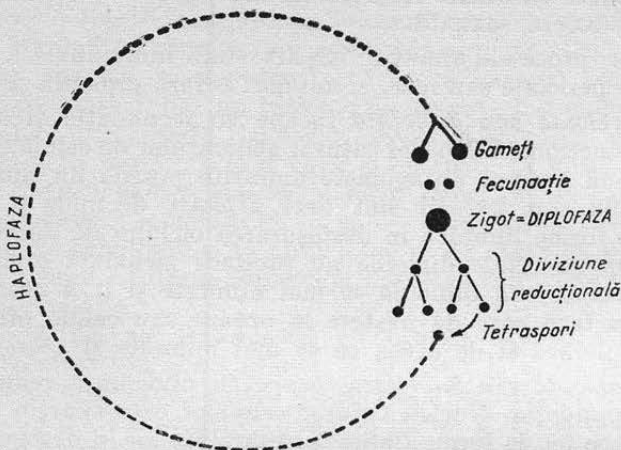


Fig. 385. Schema ciclului evolutiv al unei plante haplobionte (după Guilliermond).

formarea gameților (fig. 386), care reprezintă *singurele celule haploide din organism*. Imediat după nașterea lor, gameții se unesc prin fecundație și dau un zigot diploid, punctul de plecare al unui nou organism diploid.

c) *Organismele haplodiplobionte* reprezintă un tip intermediar de alternare de generații între cele două tipuri precedente. Un mare număr de talofite și toate cormofitele sînt haplodiplobionte. La aceste plante, una dintre faze predomină, dar și cea de a doua este reprezentată printr-un număr de generații de celule. Aici zigotul se dezvoltă într-un individ diploid, care poartă și celule-mame ale sporilor. Prin diviziune reducțională, fiecare celulă-mamă dă naștere la patru spori haploizi (fig. 387). Acești tetraspori vor da o serie de generații de celule haploide, constituind haplofaza. Mai târziu, unele celule ale haplofazei vor produce gameții.

În timp ce în ciclul de dezvoltare a plantelor haplobionte și diplobionte una singură dintre faze este pluricelulară și numai aceasta merită numele de generație — la ele alternează deci o generație cu o simplă celulă —, la plantele haplodiplobionte ambele faze sînt pluricelulare, în ciclul lor de dezvoltare alternînd într-adevăr două generații.

Dezvoltarea și durata vieții celor două generații din ciclul de dezvoltare a plantelor haplodiplobionte variază foarte mult în cadrul diferitelor gru-

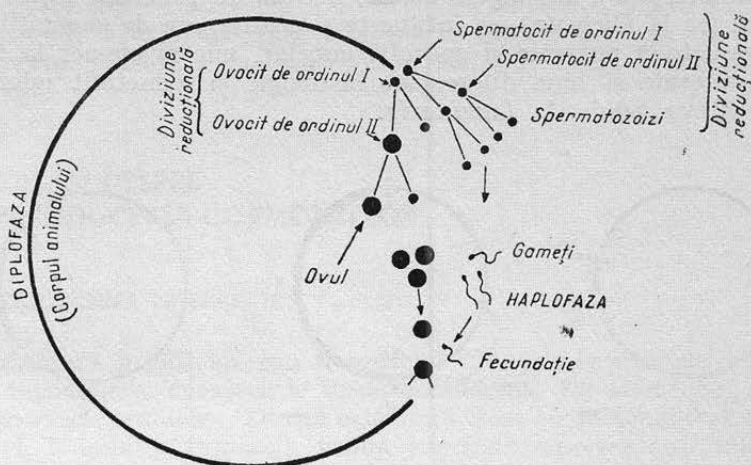


Fig. 386. Schema ciclului evolutiv al unui animal metazoar diplobiont (după Guilliermond).

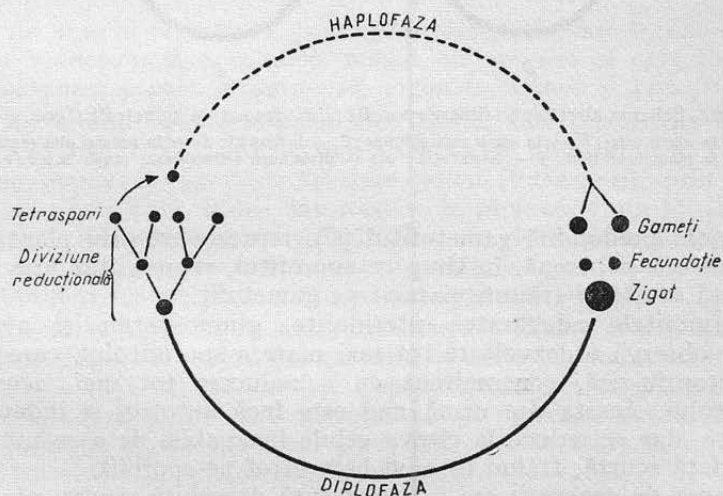


Fig. 387. Schema ciclului evolutiv al unei plante haplodiplobionte (după Guilliermond).

puri sistematice (fig. 388). La algele verzi actuale sau predomină gametofitul (A), sau cele două generații sînt reprezentate prin taluri pluricelulare egale (izomorfe) (B). La algele brune, alături de generații izomorfe care alternează (ca la *Dictyota*), se întâlnește și o alternare de generații heteromorfe: gametofit puternic și sporofit lamelar, mic și efemer la *Cutleria*, sporofit puternic și bine diferențiat histologic și gametofit microscopic, redus la cîteva celule, la *Laminaria*.

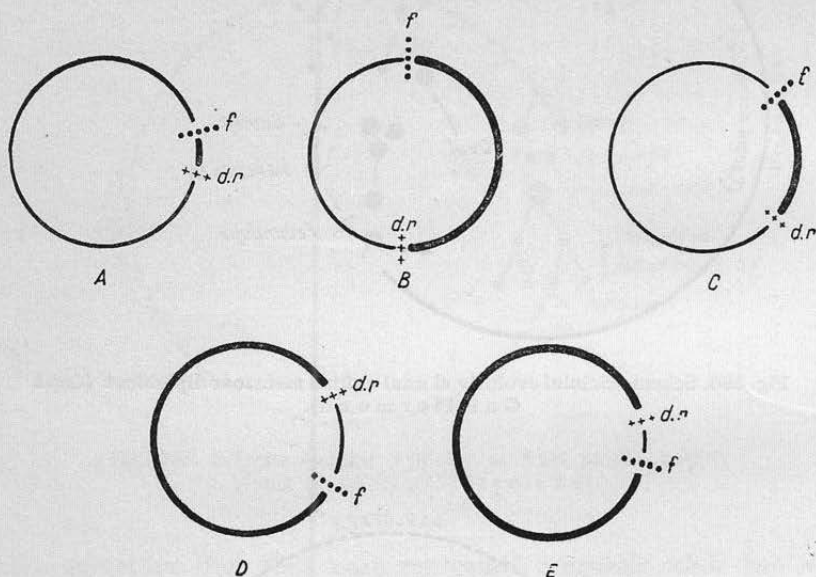


Fig. 388. Schema alternanței dintre sporofit (linie groasă) și gametofit (linie subțire) :

A — la algele verzi; B — la algele verzi și brune; C — la mușchi; D — la ferigi și alte pteridofite; E — la plantele cu flori: f — fecundația; d.r — diviziunea reduțională (după K u r s a n o v).

La mușchi predomină gametofitul (C), reprezentat prin planta propriu-zisă, autotrofă și perenă, în timp ce sporofitul, reprezentat prin sporogon, are o viață scurtă și trăiește parazit pe gametofit.

La cormofitele adevărate: pteridofite, gimnosperme și angiosperme (D, E) se observă o dezvoltare tot mai mare a sporofitului, care constituie planta propriu-zisă, concomitent cu o reducere tot mai accentuată a gametofitului. Acesta din urmă mai este încă autotrof și independent la pteridofite, dar se reduce la cîteva celule incapabile de a se nutri singure și cu o viață scurtă, trăind în mod heterotrof pe sporofit.

Alternarea de generații are o importanță deosebită pentru plante, deoarece asigură urmași mai numeroși, avînd o vitalitate și o putere de adaptabilitate mărită față de indivizii născuți prin înmulțire asexuată.

Ponderea din ce în ce mai mare a sporofitului față de gametofit în lumea cormofitelor se explică tocmai prin această vitalitate și adaptabilitate mai

mare a lui. Într-adevăr, la formarea zigotului participă doi gameți cu însușiri diferite, care îmbogățesc fondul ereditar al acestuia și al sporofitului care se naște din el. În plus, sporofitul are rădăcină, organ care lipsește gametofitului, și este mai bine adaptat la mediul terestru decât gametofitul, ai căror gameți, și mai ales unirea lor, sînt legați de mediul acvatic.

B. NOȚIUNI DESPRE REPRODUCEREA CORMOFITELOR

1. REPRODUCEREA LA BRIOFITE

Încrengătura briofitelor sau a mușchilor cuprinde primele plante cormofite, incomplete, deoarece le lipsește rădăcina. De asemenea, mușchilor le lipsesc vasele lemnoase. Dintre cele două clase ale încrengăturii (cl. Hepatice și cl. Mușchilor frunzoși), prima cuprinde reprezentanți taloidici, cu corpul nediferențiat în organe vegetative, la care numai prezența unui organ de înmulțire femeiesc numit *arhegon* le dă dreptul să fie considerați cormofite.

Mușchii frunzoși au un aparat vegetativ format dintr-o tulpină purtătoare de frunze (fig. 389) și, în perioada de reproducere, de organe sexuale.

Planta de mușchi reprezintă *gametofitul*, generație care începe o dată cu diviziunea reduțională a celulelor-mame ale sporilor și care înglobează: *sporii*, *protonema*, *planta propriu-zisă*, *organele sexuale* și *gameții*.

Sporii de mușchi sau *briosporii* sînt sferici sau tetraedrici (fig. 390), înveliți cu o membrană dublă, una externă și alta internă. Ei se nasc din celulele-mame ale sporilor, tot cîte patru (tetraspori), prin diviziune reduțională. Încolțind, sporii dau naștere la *protonemă*, un tal filamentos, ramificat, care se fixează de sol prin rizoizi, are cloroplaste în celule și produce muguri (fig. 391), din care se vor dezvolta noi plante de mușchi, avînd rizoizi, tulpini și frunze și purtînd în vîrf organele sexuale.

Organul sexual femeiesc se numește *arhegon*. El are forma unei butelii cu gîtul lung (fig. 392), avînd pereții formați dintr-un singur strat de celule și găzduind la baza lui *oosfera* (*o*). Deasupra oosferei se găsește o *celulă-soră* a acesteia (*c.s*), după care urmează un șir de celule suprapuse numite *celulele gîtului* (*c. g*), care, atunci cînd oosfera este matură, se gelifică și permit pătrunderea anterozoizilor în arhegon.

Organele sexuale bărbătești se numesc *anteridii*. Ele au forma de burduf alungit (fig. 393), pereții lor sînt formați dintr-un singur strat de celule cu clorofilă, iar în interior fiecare anteridiu este plin cu un masiv de *celule spermatogene*. Fiecare celulă spermatogenă va da naștere la cîte un spermatozoid spiralat, înzestrat cu doi cili. La maturitatea acestora, anteridiul



Fig. 389. *Polytrichum commune*:

rh — rizoizi; s — seta;
u — urna; k — caliptra
(după Strasburger).

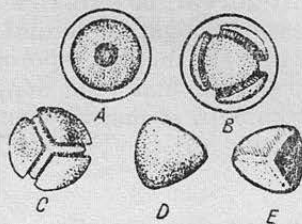


Fig. 390. Dezvoltarea sporilor de mușchi:

A — celula-mamă a sporilor; B, C — tetrade de spori; D, E — spori văzuți din două poziții diferite (după Troll).

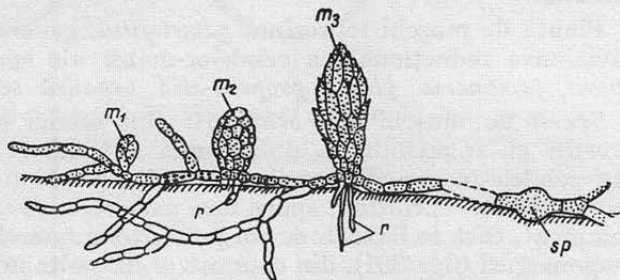


Fig. 391. Protonema de mușchi:

r — rizoizi; m_1 , m_2 , m_3 — muguri în diferite stadii de dezvoltare; sp — spor germinat (după Guillermond).

crapă și spermatozoizii înoată cu cili în apa de ploaie sau rouă, și se îndreaptă spre arhegonul acum deschis (fig. 393, B, C). O dată cu fecundația se încheie gametofitul.

Sporofitul de mușchi începe cu zigotul, $2n$. Acesta, imediat după formare, se divide de mai multe ori și dă naștere la un embrion care crește foarte activ, sparge arhegonul și se ridică formînd *sporogonul*. Sporogonul are un picior lung, cilindric, numit *seta* (v. fig. 389, s), care se termină cu o

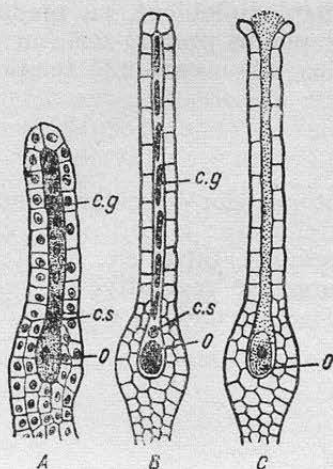


Fig. 392. Dezvoltarea arhegonului:
A, B, C — faze succesive de dezvoltare:
o — oosfera; c.s. — celula-soră; c.g. — celulele gîtului (după Troll).

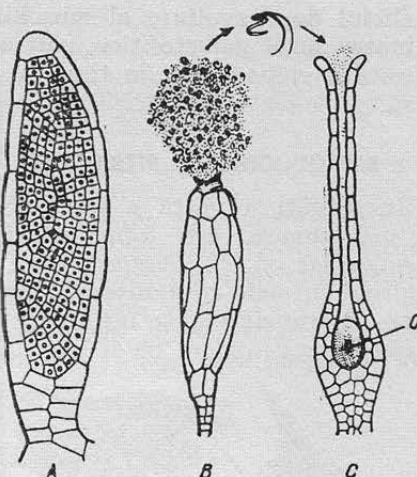
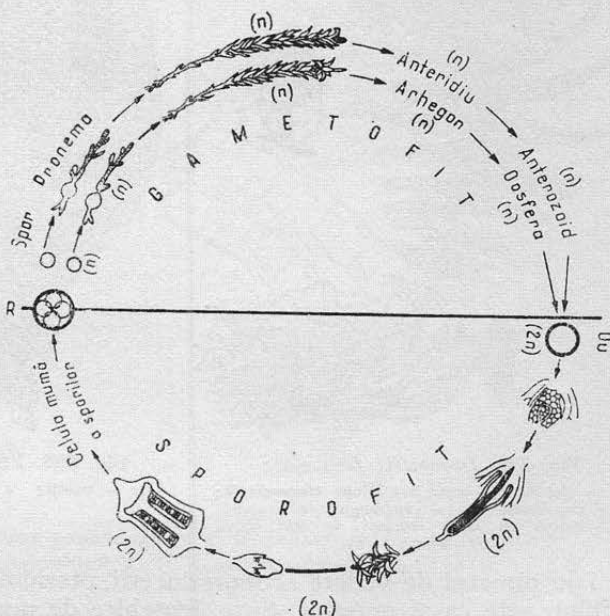


Fig. 393. Anteridiul închis (A), deschis (B) și fecundația (C) la mușchi: o — oosfera (după Troll).

Fig. 394. Ciclul evolutiv la mușchi (după Grințescu).



parte umflată numită *urna* (*u*). Aceasta are pereți pluristratificați și cu stomate, iar în interior este plină cu celule-mame ale sporilor. Odată cu prima diviziune reduțională a acestora, sporofitul încetează și începe un nou gametofit. Desfășurarea ciclului de dezvoltare a mușchilor este arătată în figura 394.

Ciclul de dezvoltare al mușchilor este deci haplodiplobiont, cu predominarea fazei gametofitice, căreia îi aparține și planta propriu-zisă, cu o durată a vieții lungă, în timp ce sporofitul, redus, are o existență temporară.

2. REPRODUCEREA LA PTERIDOFITE

Încrengătura vastă a pteridofitelor sau criptogamelor vasculare, cum se mai numesc, este reprezentată astăzi prin trei clase: cl. *Filicinae*, cl. *Equisetinae* și cl. *Lycopodiinae*, destul de deosebite între ele. Acestea cuprind primele cormofite adevărate, cu toate organele vegetative dezvoltate, și primele plante înzestrate cu vase lemnoase, de unde și numele de *criptogame vasculare* ce li s-a dat.

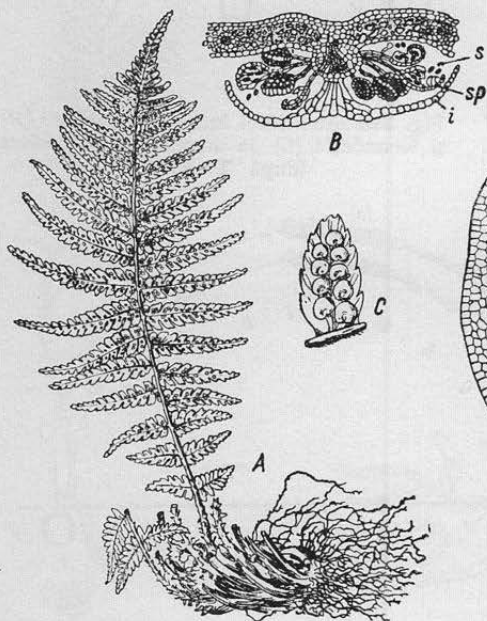


Fig. 395. *Dryopteris filix-mas*:
A — plantă; B — sorus în secțiune transversală;
i — induzium; sp — sporangii; s — spori;
c — foliolă cu două rânduri de sori (după
Strasburger).

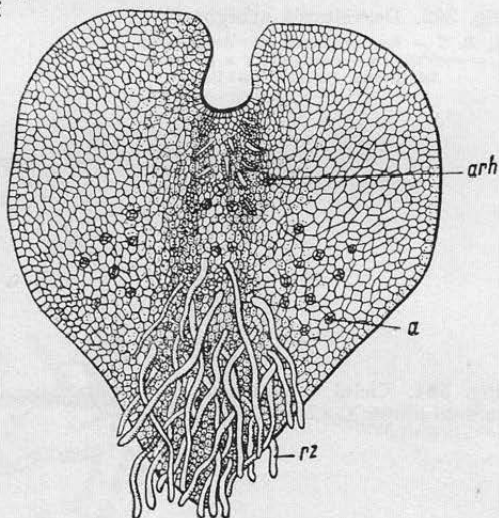


Fig. 396. Protal de ferigă (*Dryopteris*):
rz — rizoizi; a — anteridii; arh — arhegoane (după
Kursanov).

Din punctul de vedere al reproducerii, pteridofitele sînt tot plante haplodiplobionte ca și mușchii. Spre deosebire de mușchi și tocmai invers față de aceștia, la pteridofite planta propriu-zisă, perenă, cu organe și cu vase, reprezintă sporofitul, iar gametofitul, mult mai redus, cu înfățișare taloidică, fără organe și fără vase, are o viață foarte scurtă.

a) La clasa *Filicinae* sau a ferigilor vom analiza desfășurarea reproducerii, luînd ca exemplu feriga comună *Dryopteris filix mas* (fig. 395).

Planta are în pământ rădăcini adventive și un rizom, de pe care se ridică în aer un buchet de frunze, cu foliolele dispuse penat. Vara, pe spatele frunzelor se formează *sporangii* în grupuri mari numite *sori*, învelite de o membrană acoperitoare numită *indusium*. La *Dryopteris*, o foliolă poartă două șiruri regulate de indusii reniforme (B, C).

Un sporangiu (*sp*) este un organ măciucat, avînd un picioruș și o capsulă cu pereții formați dintr-un singur strat de celule, dintre care unele formează un inel cu pereții îngroșați, avînd rol în deschiderea sporangelui. În interiorul sporangelui se găsesc celulele-mame ale sporilor, care prin diviziune reducțională dau naștere fiecare la cîte patru spori. Cu diviziunea reducțională se încheie sporofitul și începe gametofitul.

Sporul de ferigă încolțind dă naștere unui organ numit *protal* (fig. 396). Acesta este o lamă verde, de 2–3 mm pînă la 1 cm, cordiformă, prinsă

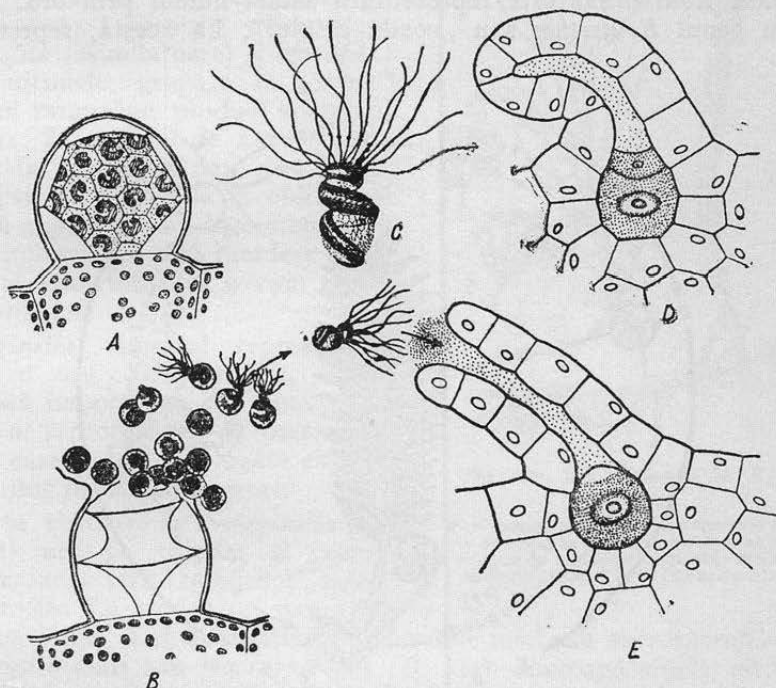


Fig. 397. Formarea gametangiilor și fecundația la ferigi:

A, B — anteridiu; C — anterozoid; D, E — arhegon închis și deschis (după Tr o 11).

de sol prin rizoizi și poartă pe fața lui inferioară organele sexuale: arhegoanele și anteridiile.

Arhegonul are tot o formă de butelie cu pereții formați dintr-un singur strat de celule, purtînd înăuntrul său oosfera, celula-soră și celulele gîtului (fig. 397, D, E), numai că aici gîtul este mult mai scurt decît la mușchi.

Anteridiul, foarte mic, are forma unei cutii sferice, cu pereții formați dintr-un singur strat de celule și care adăpostește *celulele spermatogene*. Fiecare celulă spermatogenă dă naștere la câte un spermatozoid în formă de tirbușon (C), avînd la vîrf un smoc de cili, iar la bază o veziculă reprezentînd un rest din citoplasma celulei spermatogene. După fecundație, act cu care se încheie gametofitul și începe sporofitul, oul dă naștere unui embrion, care pe protal își formează organele vegetative, transformîndu-se în plantulă, în timp ce protalul dispare.

Sporofitul de ferigă cuprinde deci oul, embrionul, plantula, planta și sporangii, inclusiv celulele-mame ale sporilor, iar gametofitul cuprinde sporul, protalul, organele sexuale și gameții (fig. 398).

Ferigile de apă (*Salvinia*, *Marsilia* etc.) au un ciclu de dezvoltare mai deosebit, întrucît ele posedă două feluri de spori: micro- și macrospori.

b) Clasa *Equisetinae* este reprezentată astăzi numai prin ord. *Equisetales*, cu genul *Equisetum* sau „coada calului”. La acesta, reproducerea

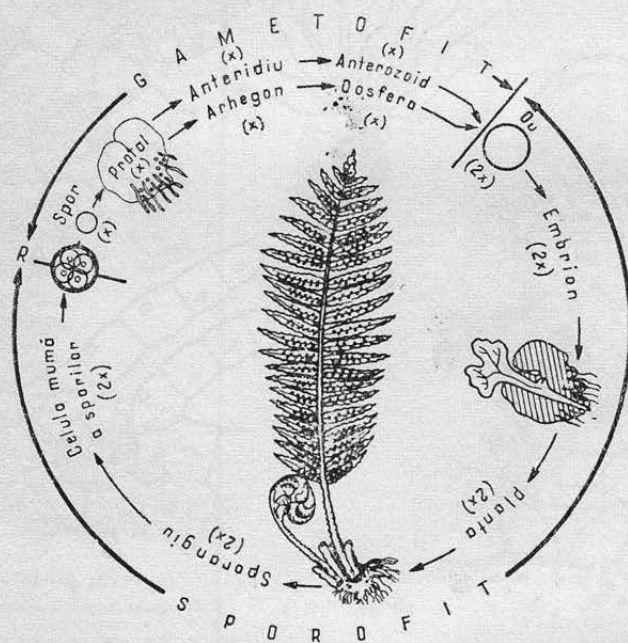


Fig. 398. Ciclul evolutiv de ferigă (după Grințescu).

prezintă două particularități interesante. Planta propriu-zisă, care reprezintă sporofitul, apare sub două forme de tulpini: *tulpini fertile* (fig. 399, A), care răsar de pe rizom primăvara, n-au clorofilă, nici ramuri, au o culoare brună și poartă în vîrf un „spic” de frunzișoare modificate numite *sporofile* (B, C). O sporofilă este o frunză hexagonală peltată, care are pe dos mai

mulți *sporangii*, cu celule-mame care vor da tetraspori, înzestrați cu câte patru aripioare numite *elateri* (D). Vara, de pe același rizom se ridică *tulpini sterile* (E), verzi și asimilatoare, cu verticile de ramuri. A doua particularitate constă în aceea că din spori ies protale bărbătești și femeiești (rar hermafrodite) reduse (fig. 400), în forme de lame verzi sau de panglică. Alternarea de generații nu diferă, în esență, de cea de la ferigi.

c) Clasa *Lycopodiinae* cuprinde ordinele *Lycopodiales* și *Selaginellales*.

Lycopodium sau brădișorul (fig. 401), din punctul de vedere al reproducerii, prezintă două caracteristici importante: 1. frunze diferențiate în *trofofile* (asimilatoare) și *sporofile*; numai ultimele, grupate în „spice” la vârful ramurilor, produc sporangii cu spori; 2. protalul de *Lycopodium*, mic și în formă de nap, deși peren, este lipsit de clorofilă și obligat să trăiască saprofitic sau în simbioză cu unele ciuperci. Această pierdere a autonomiei gametofitului o vom regăsi la fanerogame.

Selaginella, singurul reprezentant actual al ord. *Selaginellales*, are o deosebită importanță din punctul de vedere al reproducerii, ea prezentând organe care pot fi omologate cu părțile florilor de la fanerogame.

Planta tîrîtoare de *Selaginella* (fig. 402, A) are pe tulpină și ramuri *trofofile*, iar în vârful ramurilor „spice” de *sporofile*. La rîndul lor, sporofilele aceluiași „spic” sînt diferențiate în sporofile mici sau *microsporofile* (B, ms) și sporofile mari sau *macrosporofile* (B, Ms).

Microsporofilele, situate mai spre vârful spicului, poartă pe fața lor superioară *microsporangii* cu *microspori* (C), iar macrosporofilele, situate mai spre baza spicului, poartă *macrosporangii* cu câte patru macrospori (D). Microspori germinînd dau naștere la *microprotale* bărbătești purtătoare de anteridii. Aceste microprotale sînt foarte reduse, fără clorofilă, și ele nu părăsesc membrana microsporului, scoțînd afară din acesta doar porțiunea cu anteridii. Gametofitul bărbătesc și-a redus deci dimensiunile și și-a pierdut orice independență.

Macrospori germinînd produc *macroprotale* sau protale femeiești, purtătoare de arhegoane. La început complet închise în membrana macrospo-

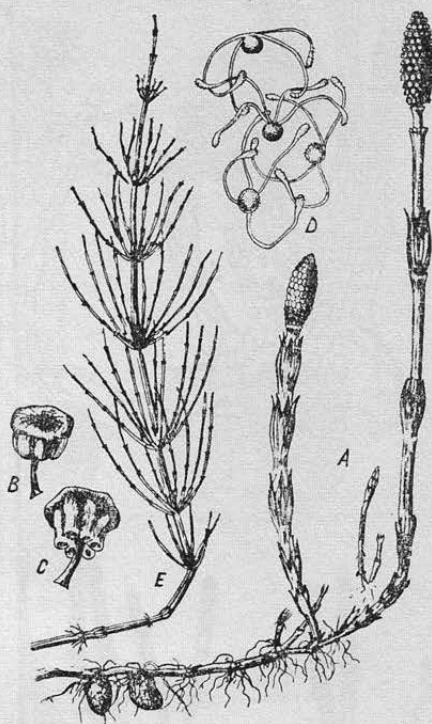


Fig. 399. Reproducerea la *Equisetum arvense*:

A — tulpina fertilă; B — o sporofilă cu sporangii;
C — sporofilă cu sporangii, din care au ieșit sporii;
D — grup de tetraspori legați prin elateri; E — tulpina sterilă (după Guiliérmont).

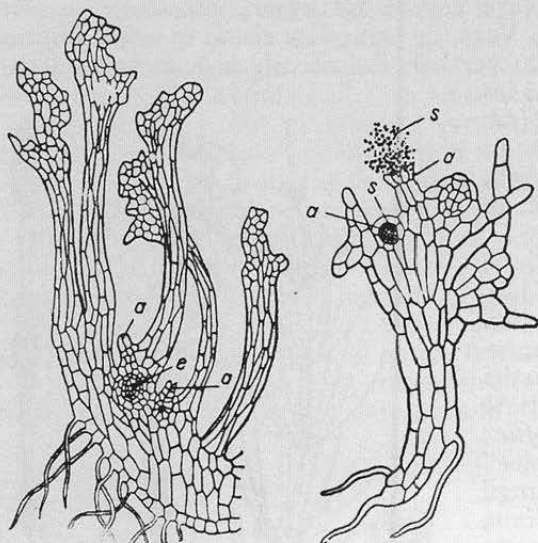


Fig. 400. Protale de *Equisetum* :
 A — protal femeieșc cu arhegoane (a), din care unul cu un mic embrion (e); B — protal bărbătesc cu anteridii (a) și spermatozoizi (s) (după Guillaumond).

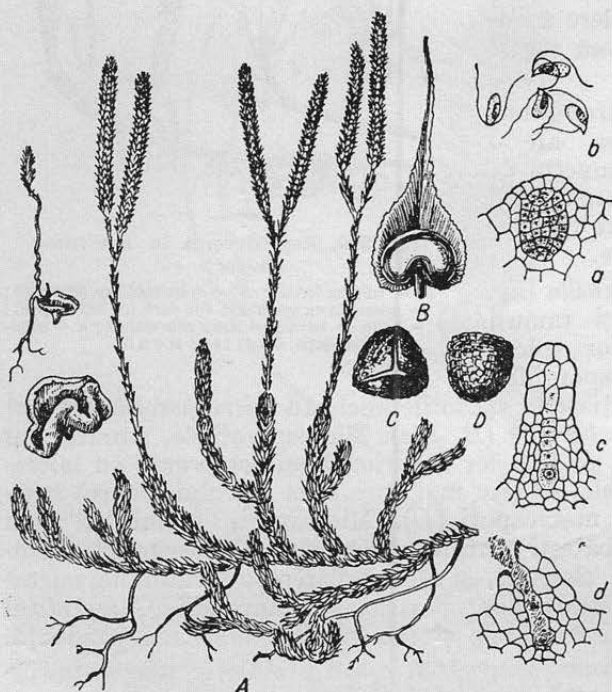


Fig. 401. *Lycopodium clavatum* :

A — planta cu spice de sporofile; B — o sporofilă cu sporangiu; C, D — spori; a — anteridiu încă închis în protal; b — anterozoizi; c, d — arhegon (după Strasburger).

rului, macroprotalele o sparg pînă la urmă și scot afară din aceasta doar o mică porțiune, aceea care poartă arhegoanele. După fecundație, zigotul se transformă în embrion chiar pe macroprotalul rămas închis în macrospor, embrion care va da o nouă plantă, în timp ce macroprotalul dispare.

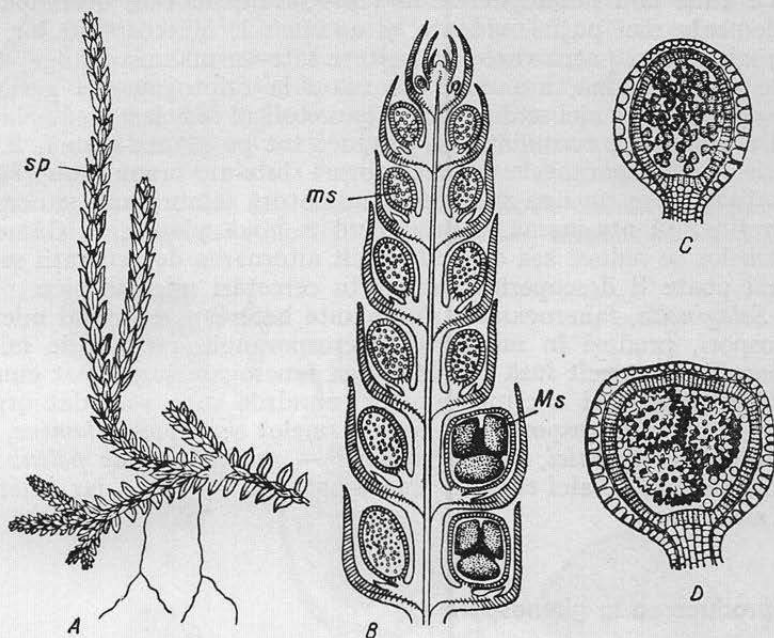


Fig. 402. *Selaginella* sp:

A — parte din tulpină cu spicul sporifer (sp); B — secțiune longitudinală prin spic: ms — microsporangii; Ms — macrosporangii; C, D — micro- și macrosporangii în secțiune longitudinală (după Troll).

Diferențierea sporofilelor în micro- și macrosporofite, heterosporia și reducerea extremă a gametofitului la *Selaginella* sînt caractere ce indică tipul de reproducere de la fanerogame.

3. REPRODUCEREA LA FANEROGAME

Fanerogamele¹ sînt plante vasculare superioare care posedă flori, grupări vizibile de organe specializate în reproducere. După prezența florii ele se mai numesc și antofite², iar datorită proprietății lor de a produce ovule, care se vor transforma în semințe, fanerogamele se mai numesc și spermatofite³.

¹ De la grec. *phaneros* = vizibil și *gamos* = unire, căsătorie.

² De la grec. *anthos* = floare și *phyton* = plantă.

³ De la grec. *sperma* = sămință, grăunțe și *phyton* = plantă.

Floarea nu reprezintă un organ nou așa cum credeau L i n n é și alți botaniști contemporani cu el, care opuneau „lumea” fanerogamelor „lumii” criptogamelor. Părțile florii se pot omologa cu frunzișoarele spicelor sporifere de *Selaginella*.

Ceea ce aduc nou fanerogamele în reproducere nu este deci floarea, ci câteva elemente mai puțin evidente, și anume: 1. Macrosporul lor, rămas numai unul din cei patru care iau naștere într-un macrosporange, nu mai părăsește planta-mamă, așa cum era cazul la criptogame ci germinează chiar pe aceasta. Tot aici se dezvoltă și gametofitul femeiesc, redus la câteva celule. De asemenea, fecundația se produce tot pe planta-mamă. 2. După fecundație, macrosporangele se transformă într-un organ nou, *sămînța*, care cuprinde în ea un nou sporofit în miniatură (embrionul) și care părăsește, în fine, planta-mamă, reproducînd o nouă plantă. 3. Gametofitul fanerogamelor se reduce așa de mult, încît alternarea de generații se șterge și nu mai poate fi descoperită decît prin cercetări microscopice.

Ca și *Selaginella*, fanerogamele sînt plante heterospore, avînd microspori și macrospori, produși în micro- și macrosporangii, purtați de micro- și macrosporofile. Întrucît însă reproducerea fanerogamelor a fost cunoscută cu mult înaintea celei a criptogamelor, numirile care s-au dat organelor respective diferă. Microsporofilele fanerogamelor se numesc *stamine*, microsporangii — *saci polinici*, iar microsporii — *grăuncioare de polen*. Macrosporofilele se numesc aici *carpele*, macrosporangii — *ovule*, iar macrosporii — *saci embrionari*.

a. Reproducerea la gimnosperme

☛ Marea grupă a gimnospermelor cuprinde plante cu flori, cu sămînța golașă, neînchisă în fruct, cu lemnul format numai din traheide și cu arhegon în ovul. Reprezentanții lor actuali se încadrează în două clase: *Cycadophyta* și *Coniferophyta*, fiecare dintre ele cu cîte mai multe ordine. În erele paleozoică și mezozoică însă, ele erau mult mai bine reprezentate în flora terestră, multe clase dispărînd complet după apariția și expansiunea angiospermelor.

Pentru a urmări reproducerea și alternarea de generații la gimnosperme, vom studia florile unui reprezentant al coniferelor, și anume florile de pin (*Pinus silvestris*).

Planta de pin, care reprezintă sporofitul, este un arbore înalt, cu organele vegetative bine dezvoltate, cu frunze aciculare și cu flori.

Florile de pin sînt de două feluri: *flori bărbătești* și *flori femeiești*, situate pe același individ. Deoarece fiecare floare posedă un singur fel de organe sexuale, florile se numesc *unisexuate* și pentru că același individ poartă ambele feluri de flori, pinul și toate plantele care prezintă același fenomen se numesc plante *monoice*¹. La alte conifere, ca de exemplu la tisă, *Taxus*

¹ De la grec. *monos* = unul singur și *oikos* = casă.

baccata, cele două feluri de flori se găsesc pe indivizi diferiți; tisa și toate plantele cu flori dispuse în acest mod se numesc plante *dioice*¹.

Florile bărbătești sînt grupate mai multe la extremitatea ramurilor principale, formînd o inflorescență (fig. 403, A). Fiecare floare din inflorescență este alcătuită dintr-o axă pe care sînt așezate în spirală un mare număr de microsporofile numite aici *stamine* (B). O stamină are forma unui solz turtit (C, D) și poartă pe dosul ei doi microsporangii ovali, numiți *saci polinici*, plini cu celule-mame ale microsporilor, care, prin diviziune redukțională, vor produce fiecare cîte patru microspori numiți *grăuncioare de polen* (E). Prin crăparea sacilor polinici, grăuncioarele de polen sînt puse în libertate și duse de vînt la florile femeiești.

Un grăuncior de polen (E) este învelit cu două membrane: una groasă, cutinizată și impregnată cu polenină la exterior, numită *exină* și o a doua

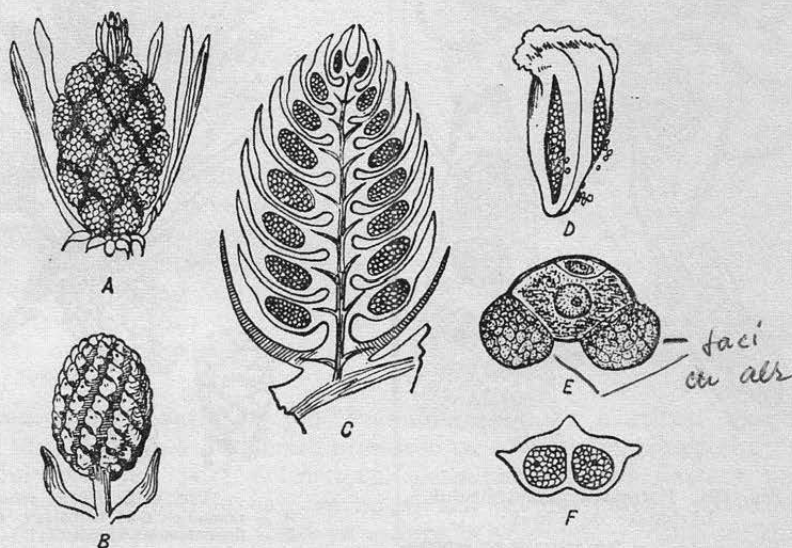


Fig. 403. Flori bărbătești de *Pinus silvestris*:

A — inflorescență întreagă; B — o floare izolată; C — floare în secțiune longitudinală; D — o stamină cu saci polinici deschiși; E — un grăuncior de polen; F — secțiune transversală prin sacii polinici (după Grințescu, modificată).

subțire și celulozică la interior, numită *intină*. Pe laturile grăunciorului, exina nu se lipește de intină, ci lasă doi *saci cu aer*, care fac polenul ușor. În interior, grăunciorul de polen are la început o singură celulă cu nucleu. Aceasta se divide și dă cîteva celule protaliene (fig. 404, P), care foarte curînd mor. Celula care a rămas se divide în două: o celulă *vegetativă* (v)

¹ De la grec. *dis* = doi și *oikos* = casă.

și alta generativă (*g*). După polenizare, pe ovul, celula vegetativă crește și dă un *tub polinic* (*t.p.*), care sparge exina polenului și se îndreaptă spre oosferă. Acum celula generativă se divide în două: o *celulă sterilă* și o *celulă spermatogenă* (*c.sp.*), care și ea va da doi *gameți bărbatești*.

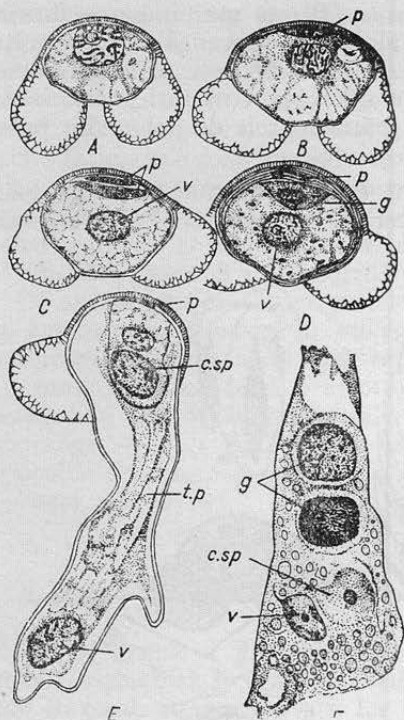


Fig. 404. Formarea gametofitului bărbătesc de *Pinus*:

A, B, C, D, E, F — faze succesive ale germinării polenului: *p* — celule protaliene; *v* — celulă vegetativă; *g* — celulă generativă; *c.sp* — celulă spermatogenă; *t.p* — tub polinic (după Strasburger).

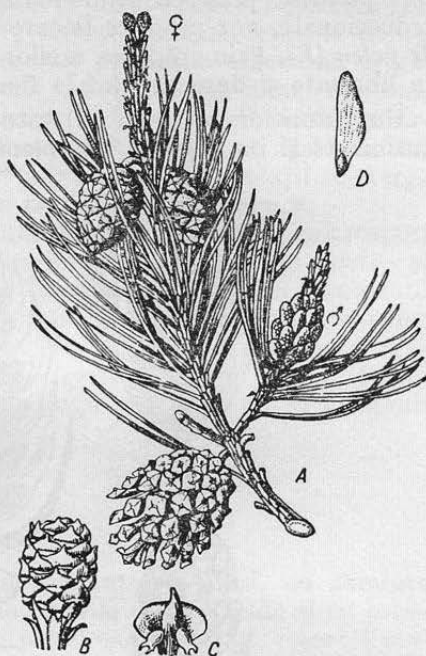


Fig. 405. *Pinus silvestris*:

A — ramură cu flori bărbatești, femeiești și conuri; B — floare femească, mărită; C — o carpelă cu două ovule; D — sămânță (după Strasburger).

Grăunciorul de polen germinat reprezintă întregul gametofit bărbătesc de pin. Celula generativă este omologată cu anteridiul de *Selaginella*, cei doi gameți sînt omologi cu spermatozoizii, iar restul de două celule formează microprotalul, foarte redus și care, ca și cel de *Selaginella*, nu părăsește membrana microsporului.

Florile femeiești de pin (fig. 405) sînt grupate în conuri situate la vârful unor ramuri. Un con este alcătuit dintr-un ax, în jurul căruia se dispun în spirală macrosporofile, formate fiecare din cîte doi solzi sudați la bază: unul inferior, subțire, numit *solz steril* și altul superior, mai gros și

cărnos, numit *solz fertil*, care poartă pe fața sa superioară doi *macrosporangi*, care se numesc aici *ovule*.

Un ovul de pin (fig. 406) este de formă ovală, învelit la exterior de un țesut numit *integument* (*t*), care lasă la partea superioară a ovulului un mic orificiu numit *micropil*¹ (*m*).

Sub integument se află un țesut parenchimatic numit *nucelă* (*nuc*), care înconjură un alt țesut de depozitare, bogat în substanțe de rezervă, numit *endosperm primar*, deoarece el se naște înainte de fecundație și este haploid, spre deosebire de angiosperme, la care endospermul, rezultat în urma fecundației, se numește *secundar* și este format din celule cu nucleu triploid ($3x$).

Împlântat în endospermul primar se află două *arhegoane* (*arh*) numite aici *corpuscula*, având fiecare câte o oosferă mare și un gît foarte scurt.

Celula-mamă a endospermului primar de la pin este omologă cu celula mamă a macrosporului de la *Selaginella*; ea a luat naștere prin diviziune reducțională. Endospermul primar este omolog cu protalul femeiesc sau macroprotalul, care aici nu mai părăsește macrosporangiumul (*ovulul*).

Polenizarea și fecundația la pin. Polenul produs în cantități enorme este dus de vânt și unele grăuncioare nimeresc pe conurile femeiești și ajung în micropilul ovulului. Aici grăunciorul germinază, dând naștere unui tub polenic (sifonogamie), în care se angajează cei doi gameți bărbățești născuți din celula generatoare. Când va ajunge la arhegon — după un timp variabil, după specie — vârful tubului se gelifică, cei doi gameți pătrund în ovul și unul fecundează oosfera unui arhegon, iar al doilea degenerază. Zigotul rezultat după fecundație se divide de mai multe ori și dă naștere la un *embrion* format dintr-o rădăciniță, o tulpiniță, un muguraș și mai multe cotiledoane. Paralel cu transformarea zigotului în embrion, întregul ovul se transformă în *sămînță*, iar solzul fertil se îngroașă și se lignifică, ansamblul solzilor formînd *conul* matur, în anul al doilea.

Cînd sămînța ajunge matură, solzii conului se îndepărtează și-i permit să iasă și să fie împrăștiată de vînt, mai ales că tegumentul ei dă naștere unei aripioare (v. fig. 405, D).

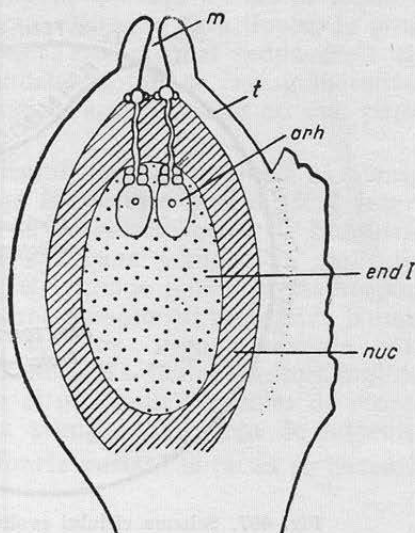


Fig. 406. Ovulul de pin :

m — micropil; *t* — tegument; *arh* — arhegon;
end I — endosperm primar; *nuc* — nucela
 (schemă după Grințescu).

¹ De la grec. *mikros* = mic și *pyle* = poartă.

Alternanța de generații la pin. La pin, ca și la cele mai multe gimnosperme, sporofitul, reprezentat prin ou, embrion, plantulă și plantă adultă, este foarte dezvoltat și tinde să domine singur aproape întregul ciclu de dezvoltare (fig. 407). Generația sexuată, foarte redusă, cuprinde doi

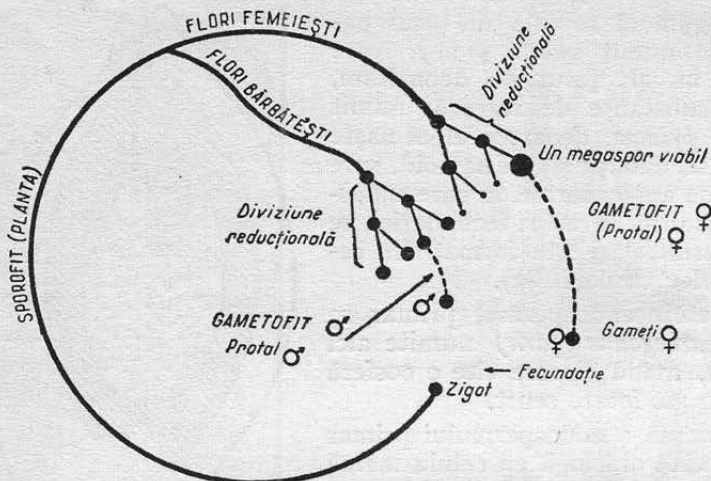


Fig. 407. Schema ciclului evolutiv la *Pinus* (după Guilliermond).

gametofiți: unul bărbătesc și altul femeiesc. Gametofitul bărbătesc începe cu diviziunea reduțională a celulelor-mame din sacul polinic, și el cuprinde grăunciorul de polen cu celule protaliene și un anteridiu unicelular (celula spermatogenă). Gametofitul femeiesc este redus la endospermul primar cu conținutul său, care nu mai părăsește sporofitul, ci trăiește heterotrof pe el. Sămînța care părăsește vechiul sporofit este și ea deja un sporofit. Face impresia că un sporofit dă naștere la alt sporofit.

b. Reproducerea la angiosperme

Angiospermele sînt plantele cele mai evoluate și care predomină în învelișul vegetal al globului. Caracterul lor distinctiv cel mai important este acela că ovulul lor este, de la început, închis într-un organ numit *ovar*, format din concreșterea macrosporofilelor. După fecundație, ovarul se transformă în *fruct* și ovulul în *sămînță*, care nu va mai fi liberă, ci închisă în fruct, de unde și numele de *angiosperme*¹ dat acestor plante.

În afară de apariția fructului și a seminței închise, angiospermele mai prezintă o serie de caractere noi în privința reproducerii, și anume: 1. — florile lor, pe lângă sporofite, sînt constituite și din frunze sterile, protec-

¹ De la grec. *aggeion* = cavitate închisă și *sperma* = sămînță.

toare, care constituie *învelișurile florale*; 2. — nu mai au arhegon, nici spermatozoizi ciliați; 3. — fecundația lor, sifonogamia, este *dublă*; ambii gameți bărbătești pătrunși în ovul iau parte la acest proces; 4. — sporofitul angiospermelor are o organizare superioară față de cel al gimnospermelor, el posedând trahee și celule anexe, elemente care lipsesc la gimnosperme; 5. — gametofitul angiospermelor este și mai redus decât cel al gimnospermelor; din polen lipsesc celulele protaliene, iar gametofitul femeiesc s-a redus la câteva celule, care nici la aceste plante nu mai păresc sporofitul.

Din cauza reducerii extreme a gametofitului, ne face impresia că planta angiospermă, care reprezintă sporofitul, se înmulțește sexuat, fără intervenția fazei gametofit. De aceea, floarea se consideră organ de înmulțire sexuat, iar staminele și carpelele se numesc organe sexuale. În realitate, staminele și carpelele reprezintă sporofite, ele produc micro- și macrospori și numai prin germinația acestora vor apărea gametofiii respectivi. Numirile de floare: organ de înmulțire sexuat, stamine: organe sexuale bărbătești și carpele: organe de înmulțire femeiești li s-au dat acestora înainte de a se cunoaște înmulțirea arhegoniatelor și omologia organelor de reproducere, și astăzi au circulație generală în știință, fiind greu de înlocuit.

Organizarea florii de angiosperme este foarte variată și pe ea se bazează în primul rând clasificarea acestora.

Generalități privind alcătuirea florii de angiosperme

Floarea, după teoria metamorfozei, formulată încă la începutul secolului trecut de către G o e t t e, este un microblast cu creșterea limitată, situat la subsuoara unei frunze modificate numită *bractee*, ale cărui frunze metamorfozate s-au adaptat la funcția de reproducere.

O floare tipică de angiosperme este alcătuită dintr-o parte tulpinală numită *axul florii*, de obicei foarte scurtă și lătită la vîrf, formînd un *receptacul*, pe care se inseră cinci sau patru verticile de frunze modificate (fig. 408, A, B). De la bază spre vîrf sau de la exterior spre interior, verticilele de frunze se numesc *sepale* (*s*), *petale* (*p*), *stamine* (*st*) și *carpele* (*c*). Totalitatea sepalelor formează *c a l i c i u l*, petalele formează împreună *c o r o l a* și aceste două verticile împreună constituie *învelișurile florale* sau *periantul*. Totalitatea staminelor formează *a n d r o c e u l*, iar carpelele alcătuiesc împreună *g i n e c e u l*. Staminele și carpelele se consideră drept organe sexuale ale florii, primele fiind bărbătești iar carpelele femeiești. Florile cu periant, androceu și gineceu se numesc *flori complete*; cele cărora le lipsește unul sau mai multe dintre verticilele amintite se numesc *flori incomplete*.

Repartizarea organelor sexuale în flori. Florile care posedă atât stamine, cât și carpele se numesc *hermafrodite*, iar cele care au numai un fel de organe

sexuale se numesc flori *unisexuate*. Plantele cu flori unisexuate pot fi de patru categorii, și anume: plante *monoice*, *dioice*, *trioice* și *poligame*.

Monoice sînt plantele cu flori unisexuate, care poartă pe același individ atît florile bărbătești, cît și cele femeiești. Dintre acestea, cităm: porumbul, nukul, alunul, stejarul, mestecănul etc.

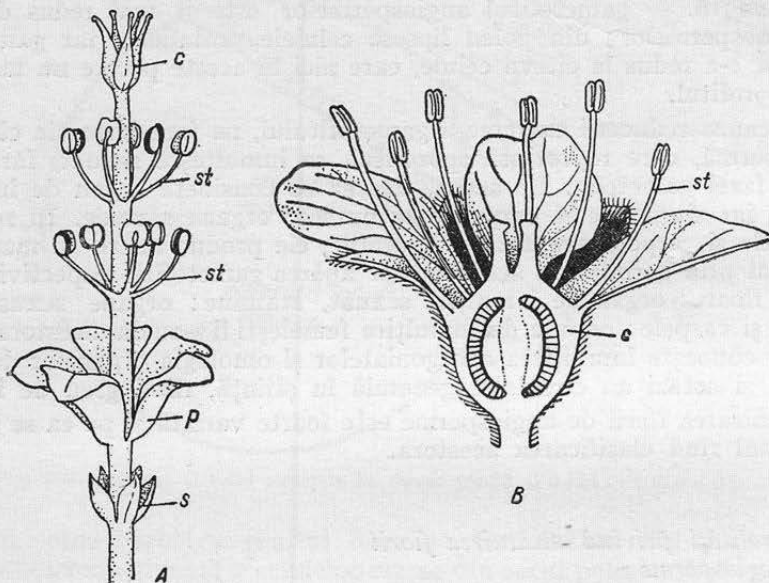


Fig. 408. Floarea de angiosperme:

A — schemă; B — floarea în secțiune longitudinală: s — sepale; p — petale; st — stamine; c — carpele (după Mevius).

Dioice se numesc plantele cu flori unisexuate, care sînt dispuse pe indivizi deosebiți, așa încît un individ poartă numai flori bărbătești, altul numai flori femeiești. Sînt plante dioice: cînepa, hameiul, salcia, urzica, tisa etc.

Trioice sînt acele plante la care unii indivizi poartă numai flori bărbătești, alții numai flori femeiești și alții flori hermafrodite. Astfel de cazuri se întîlnesc mai ales printre cariofilacee, cum sînt: *Silene*, *Saponaria* și altele.

Poligame se numesc plantele care poartă pe același individ atît flori unisexuate, cît și hermafrodite. Sînt poligame: pepenii, floarea-soarelui, castanul sălbatic, steregoaia etc.

Cele mai multe angiosperme (75—78%) au flori hermafrodite.

Simetria florilor la angiosperme poate fi: *radială*, în care caz ele se numesc *actinomorfe* și constituie majoritatea florilor de angiosperme; *bilaterală*, cum sînt florile de *Dicentra spectabilis*, care au numai două planuri de simetrie și *monosimetrică*, în care caz florile se numesc *zigomorfe*,

cum sînt cele de labiate. Există și flori *asimetrice*, cum sînt florile de *Canna indica*.

Așezarea părților florale pe receptacul se face după legile filotaxiei, ca și a frunzelor. Din acest punct de vedere se pot distinge trei categorii de flori: *spirociclice*, *hemiciclice* și *ciclice*.

La florile *spirociclice*, toate organele sînt așezate după o spirală. Acest mod de așezare este primitiv, și el se află la familiile cele mai puțin evoluat dintre angiosperme: magnoliacee, calicantacee etc.

Florile *hemiciclice* au învelișurile florale dispuse în verticil, iar sporofitele așezate în spirală. Așa sînt florile multor ranunculacee, ca, de exemplu, cele de *Caltha*, *Trollius*, *Ranunculus* etc.

Se numesc *ciclice* acele flori care au toate părțile alcătuitoare dispuse în verticil. Absoluta majoritate a angiospermelor are flori *ciclice*, și anume *pentaciclice* sau *tetraciclice*. Există însă și flori numai cu trei cicluri de organe, *triciclice*, cum sînt cele de arțar, numai cu două cicluri, *diciclice*, cum sînt florile de cînepă, care au numai sepale și stamine sau sepale și carpele, și, mai rar, chiar flori *monociclice*, cum sînt florile de salcie sau cele de frasin, formate numai din stamine sau numai din carpele. Numărul părților dintr-un ciclu poate fi 2, 3, 4, 5, 6 sau mai multe, florile respective numindu-se *dimere*, *tri-* *tetra-* *penta-* *hexa-* și *polimere*.

Diferitele părți ale florii pot concrește între ele, fie cele dintr-un același verticil, fie cele din două verticile diferite. Ultimul caz se petrece mai ales între petale și stamine, mai rar între stamine și gineceu.

Din punct de vedere morfologic, părțile florii sînt niște frunze metamorfozate. Acest fapt a fost afirmat pentru prima dată de către poetul filozof german Goethe, la 1790. Sînt multe dovezi care pledează în sprijinul naturii foliare a părților florii: treceri de la sepale la petale se observă la spînz, nufăr, magnolia etc.; treceri de la petale la stamine se pot vedea la nufăr, iar de la stamine la carpele la spînz, mac, trandafir etc.

Florile involte, cu petale multe și cu puține stamine, sînt create de horticultori prin transformarea staminelor în petale. Așa sînt florile de bujor, trandafir, garoafe etc. Se cunosc și cazuri cînd la cîreș carpelele rămîn uneori neînchise și se transformă în frunze verzi.

În ultimul timp însă, teoria metamorfozei a lui Goethe a început să fie tot mai mult combătută. Se neagă în special natura foliară a carpelelor și a staminelor.

Așezarea florilor pe plantă. Inflorescențe

Așezarea florilor pe tulpină este caracteristică pentru anumite specii, genuri sau chiar familii (*Umbelliferae*, *Compositae* etc.).

Cînd floarea este purtată de un ax neramificat, ea se numește *s o l i t a r ă*. Așa sînt florile de lealea, ghiocel, narcis etc. Cînd axul florifer se ramifică

și fiecare ramură se termină cu o floare, ansamblul florilor se numește **inflorescență**.

Ramurile florifere se dezvoltă la subsuoara unei hipsofile, numită *bractee*. Uneori bracteele lipsesc, ca la *Cruciferae*, unele *Umbelliferae* etc. Alteori ele pot fi colorate, ca la *Bougainvillea*, *Salvia sclarea* etc. Spata araceelor care învelește ca un cornet inflorescențele acestor plante (v. fig. 331, B) poate fi considerată drept o bractee foarte dezvoltată.

Clasificarea inflorescențelor se face după aceleași norme ca și cea a ramificației tulpinilor. Se disting două grupuri mari de inflorescențe: **monopodiale** și **simpodiale**.

1. Inflorescențele monopodiale, numite și **racemoase**, **centripete** sau **indefinite**, se caracterizează printr-un ax principal mult mai dezvoltat decât axele secundare, ax care străbate întreaga inflorescență. Acest ax nu se termină cu o floare și, teoretic, are o creștere indefinită. Florile cele mai vechi se găsesc la baza inflorescenței, iar cele mai tinere mai aproape de vîrf.

Apartin acestui tip următoarele inflorescențe: *racemul*, *spicul*, *spadixul*, *corimbul*, *umbela*, *capitulul* și *calatidiul* (fig. 409, A-G).

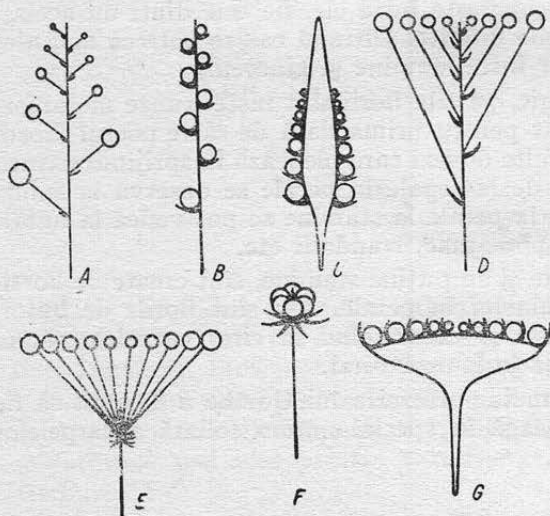


Fig. 409. Schema inflorescențelor racemoase:

A — racem; B — spic; C — spadix;
D — corimb; E — umbelă; F — capitul;
G — calatidiu (după Ullrich).

a) *Racemul* sau *ciorchina* poartă pe axul principal ramuri florifere, situate la subsuoara unor bractee, ramuri cu atât mai scurte, cu cât sînt situate mai aproape de vîrf (A). Racemul este inflorescența caracteristică a cruciferelor, dar el se află și la alte plante, ca: strugurașii, mălinul, zambila, lăcrămioarele etc.

b) *Spicul* (B) este un racem cu flori sesile sau foarte scurt pedunculate, înghesuite pe axul principal. Se întâlnește la pătlagină, verbină etc. Un spic cu flori unisexuate se numește *ament*, inflorescență caracteristică pentru cei mai mulți arbori din pădurile noastre : salcie, alun, stejar, mesteacăn, nuc, castan bun etc.

c) *Spadixul* (C) este un spic cu axa îngroșată, purtând flori bărbătești și femeiești, întreaga inflorescență fiind învelită într-o bractee mare numită *spata*, ca într-un cornet. Au spadix araceele, porumbul, papura, palmierii.

d) *Corimbul* este un racem la care florile s-au ridicat aproximativ la aceeași înălțime, cele mai de jos având pedunculi mai lungi, și viceversa (D). Se întâlnește la păr, cununiță (*Spiraea*) etc. Corimbul este o inflorescență de formă intermediară între racem și umbelă.

e) *Umbela* este inflorescența la care pedunculii florilor pleacă din același loc și se ridică la aceeași înălțime (E). Toate bracteele se găsesc dispuse în verticil, la baza pedunculilor florali, alcătuind *involucrul*. Au umbele : ceapa, vișinul, ciuboșica-cucului etc.

f) *Capitulul* se caracterizează printr-un ax scurt și globulos care poartă numeroase flori sesile sau scurt pedunculate, înconjurate de un involucru care uneori poate lipsi. Au capitul : mușetelul, *Eryngium campestre*, *Scabiosa* etc. În mod impropriu se consideră capitul și inflorescențele de trifoi, lucernă, care, în realitate, sînt raceme dense.

g) *Calatidiul* se deosebește de capitul prin axul său turtit ca un disc sau ca o cupă, învelit la exterior de bractee și purtând flori sesile (G). Aceasta este inflorescența caracteristică a compositelor : floarea-soarelui, păpădia, albăstrița, cicoarea etc.

2. Inflorescențele simpodiale, numite și **cimoase**, **definite** sau **centrifuge**, au un ax format din ramuri suprapuse (simpodiu), se termină cu o floare care este cea mai bătrînă. În rest, florile sînt cu atît mai tinere, cu cît sînt mai îndepărtate de vîrf. După cum axul principal al inflorescenței poartă ramuri secundare sau nu, inflorescențele simpodiale se clasifică în trei categorii : **monocaziul**, **dicaziul** și **pleiocaziul**.

Monocaziul sau **cima unipară** are axul principal un simpodiu neramificat, de pe care se desprind pedunculii florali. Monocaziul se prezintă sub patru forme, și anume : *drepaniul*, *ripidiul*, *bostrixul* și *cincinul*.

a) *Drepaniul* sau *cima-secere* are pedunculii florali dispuși în același plan și într-un sens, ca la *Juncaceae* (fig. 410, A).

b) *Ripidiul* sau *cima-evantai* are pedunculii florali dispuși tot în același plan, dar în două sensuri diferite, unul la dreapta, altul la stînga (B), ca la *Iris*.

c) *Bostrixul* sau *cima elicoidă* are pedunculii florali dispuși în mai multe planuri, după o linie elicoidată, ca la *gladiole* (C).

d) *Cincinul* sau *cima scorpioidă* are pedunculii dispuși în planuri diferite, dar în același sens, ca la *Boraginaceae* (D).

Dicaziul sau **cima bipară** este o dicotomie falsă, la care axul principal se termină cu o floare. De la primul nod situat sub vîrf, pornesc

două ramuri care se comportă la fel (*E*). Dicaziul este inflorescența caracteristică a cariofilaceelor.

Pleiocaziul se caracterizează prin aceea că axul primar poartă, sub floarea terminală, mai multe axe florifere de ordinul doi dispuse în verticil. Au pleiocaziu: *Euphorbia helioscopia* (*F*), *Sedum* etc.

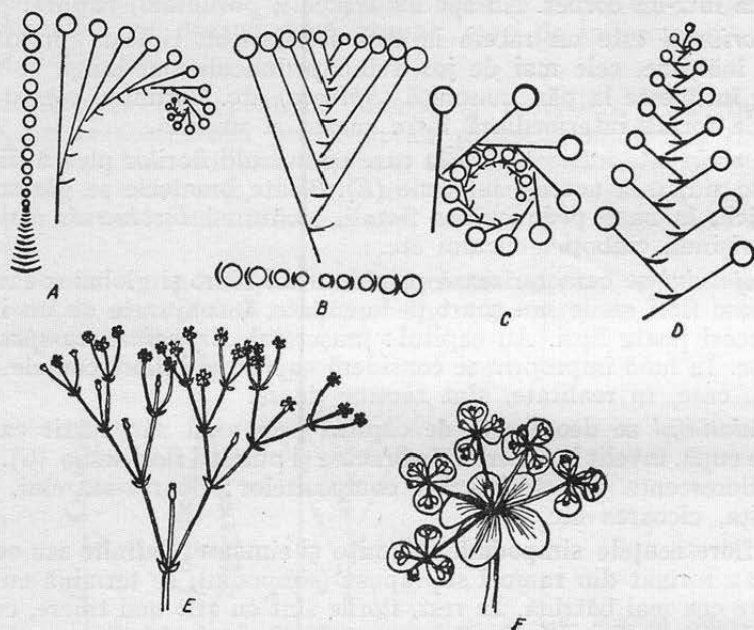


Fig. 410. Schema inflorescențelor cimoase:

A — drepaniu; B — ripidiu; C — bostrix; D — cincin; E — dicaziu; F — pleiocaziu la *Euphorbia helioscopia* (după Ullrich).

Inflorescențe compuse sînt acele inflorescențe la care axul se ramifică de mai multe ori, florile fiind purtate de ramuri de ordinul II sau de un ordin mai înalt. Inflorescențele compuse sînt de două feluri: *homotactice*, în care se repetă același fel de inflorescențe simple, și *heterotactice*, în care se găsesc reunite mai multe tipuri de inflorescențe simple.

Inflorescențe homotactice (fig. 411): *spicul compus* al gramineelor, *racemul compus* al viței-de-vie, precum și varietățile de racem compus: *tirsa* de la liliac și castan sălbatic și *paniculul* răsfirat de ovăz; *corimbul compus* de scoruș, păducel etc., *umbela compusă* de la cele mai multe umbelifere (cucută, mărar, morcov sălbatic etc.) și, rar, *capitulul compus*, ca acela de la floarea de colț.

Inflorescențele heterotactice pot prezenta combinații variate: corimb cu calatidiu ca la coada-șoricelului, panicul cu calatidiu la pelin, racem cu spiculețe ca la *Melica*, racem cu umbelă ca la iederă, dicaziu cu monocaziu la tei, spic cu dicaziu la carpen, ament cu dicaziu la mesteacăn, arin etc.

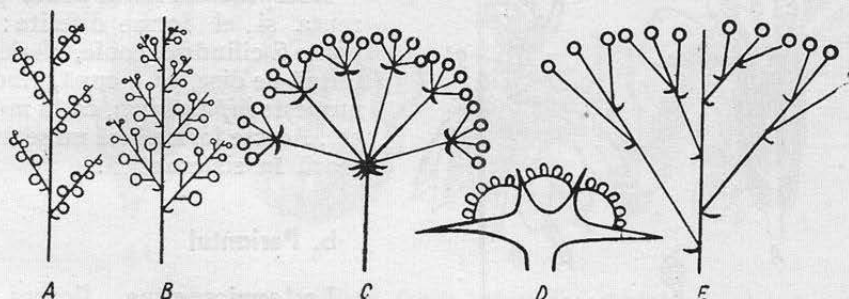


Fig. 411. Schema unor inflorescențe compuse :

A — spic compus; B — racem compus; C — umbelă compusă; D — capitul compus; E — corimb compus (după Morariu).

Prin cultură și selecție se pot modifica florile dintr-o inflorescență. Ca exemple, cităm „bulgării de zăpadă”, inflorescența globuloasă de călin, *Viburnum opulus*, provenită din cimă, sau inflorescența de conopidă comestibilă, devenită sterilă.

C. MORFOLOGIA ȘI STRUCTURA PĂRȚILOR FLORII

1. PĂRȚILE COMPONENTE ALE FLORII

a. Axul floral

Axul floral este un microblast cu creștere limitată care poartă verticilele de organe florale. Extremitatea superioară a axului, umflată, lătită, alungită sau scobită, poartă numele de *receptacul floral*, iar internodiul său, situat dedesubtul florii, dacă există, se numește *peduncul floral*.

De regulă, internodiile axului sînt extrem de scurte. De la această regulă sînt însă și cîteva excepții (fig. 412). Astfel, la florile de *Lychnis viscaria* (A), axul poate prezenta un internodiu distinct între caliciu și corolă (i);

la *Passiflora* (B), axul prezintă un internodiu distinct între corolă și adroceu, numit *ginandrofor* (gi); la *Capparis* (C), axul prezintă un internodiu distinct între androceu și gineceu, numit *ginofor* (g); la *Gynandropsis* (D), axul poate prezenta atât androginofor (a), cât și ginofor (b), în care caz el are două internodii distincte.

Receptaculul floral poate prezenta și el forme diferite: el poate fi cilindric, conic, sferic, în formă de disc, ca o cupă, când se numește *hipanthium*, ca la măceș etc. Aceste forme însă nu se utilizează în sistematică.

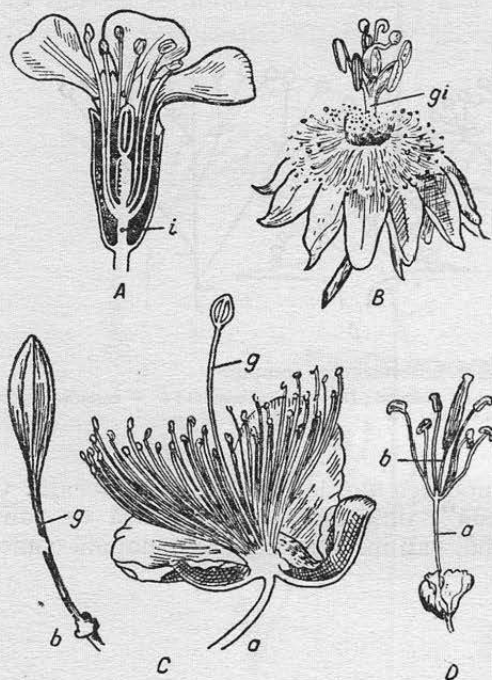


Fig. 412. Diferite tipuri de axe florale:

A — floare de *Lychnis* cu un internodiu (i) între caliciu și corolă; B — floare de *Passiflora* cu ginandrofor (gi); C — floare de *Capparis* cu ginofor (g); D — floare de *Gynandropsis* cu ginandrofor (a) și ginofor (b) (după Grințescu).

b. Periantul

La angiosperme, floarea nu se reduce la organele sexuale; aceste organe sînt învelite și apărute de frunzișoare modificate care alcătuiesc *învelișurile florale* sau *periantul*¹. De regulă, primul ciclu de frunzișoare este format din sepale verzi, iar ciclul al doilea din petale colorate.

Sînt însă cazuri cînd cele două cicluri de frunzișoare amintite nu se disting prin culori diferite. Învelișul floral format din frunzișoare egal colorate se numește *perigon*, iar părțile lui alcătuitoare se numesc *tepalale*. Perigonul poate fi *sepaloid*, în cazul cînd toate frunzișoarele

lui sînt verzi, ca la sfeclă, urzică, măcriș etc., sau *petaloid*, cînd toate frunzișoarele lui sînt colorate, ca la ghiocel, lalea, crin, lăcrămioare etc.

La unele plante învelișurile florale se reduc la niște bractee înguste ca la *Scirpus* (fig. 413, A) sau la peri, ca la *Eriophorum* (B). În cazuri mai rare, florile pot fi complet lipsite de învelișuri florale. Astfel de flori se numesc *flori nude* și se întîlnesc la frasin (C), salcie (D) etc.

Majoritatea florilor de angiosperme au însă periantul diferențiat într-un caliciu verde și o corolă colorată.

1. **Caliciul.** Ciclul extern de frunzișoare al periantului este format din sepale verzi, a căror totalitate se numește *caliciu*². Sepalele, deși verzi și

¹ De la grec. *peri* = în jur și *anthos* = floare.

² De la grec. *kalyx* = pahar.

asimilatoare, au rolul principal de a înveli celelalte piese florale și de a le apăra contra acțiunii agenților externi.

Uneori caliciul este format din două cicluri de frunzișoare, ca de exemplu la fragă, *Potentilla*, nalbă etc. Primul verticil format din frunzișoare mai

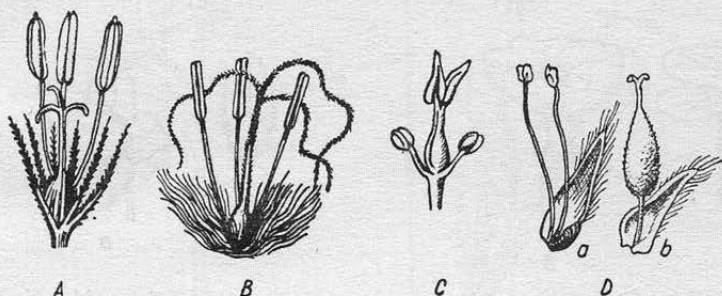


Fig. 413. Învelișuri florale reduse sau absente:

A — floare de *Scirpus* cu perigon alcătuit din bractee înguste și păroase; B — floare de *Eriophorum* cu perigon alcătuit din peri; C — floare nudă de frasin; D — flori nude bărbătești (a) și femeiești (b) de salcie (după Grințescu).

mici poartă numele de *calicul*, și el poate proveni din stipelele bracteelor sau din hipsofile. La multe composite, caliciul, la început foarte redus, se dezvoltă după fecundație într-un smoc de peri numit *papus* și servește la răspîndirea fructelor (păpădie, susai, pălămidă etc.).

Un caliciu format din sepale libere se numește *dialisepal*¹, iar unul alcătuit din sepale concrescute se numește *gamosepal*². Între aceste două categorii există numeroase forme de trecere.

Au caliciu dialisepal cruciferele, ranunculaceele etc., iar caliciu gamosepal primulaceele, labiatele, compositele etc.

După așezarea separelor în raport cu petalele, caliciul dialisepal poate fi: *erect*, ca la crucifere, avînd sepale drepte și aplicate peste petale (fig. 414, A), *patent* sau *deschis* ca la *Pirola*, cu sepalele îndepărtate de petale și *răsfrînt*, cu sepalele îndreptate în josul pedunculului floral, ca la unele specii de piciorul-cocoșului (B).

Caliciul gamosepal poate fi: *tubulos*, ca la garoafă; *infundibuliform* (în formă de butoiș), ca la *Primula*; *campanulat* (în formă de clopot), ca la *Gentiana*; *urceolat*, ca la măsălarică; *umflat*, ca la *Silene inflata* etc. După simetria sa caliciul poate fi *actinomorf*, ca la crucifere sau *zigomorf*, ca la labiate.

De regulă, sepalele cad după fecundație; un caliciu ale cărui sepale cad se numește *caduc* (fig. 415, A). Există însă și cazuri în care caliciul este *persistent*: la măr, gutui, mătrăgună (B) etc. La *Physalis* caliciul crește după fecundație, formînd un înveliș membranos roșu în jurul fructului (C). Astfel de caliciu se numește *acrescent*.

¹ De la grec. *dialiein* = a separa.

² De la grec *gamos* = unire, căsătorie.

Ca structură, anatomia sealei este întru totul asemănătoare cu cea a unei frunze, avînd două epiderme cu stomate sau peri, un mezofil omogen sau diferențiat în parenchim palisadic și lacunos și nervuri care reprezintă fasciculele libero-lemnoase și au liber spre exterior, lemn spre interior.

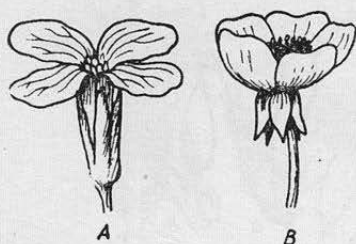


Fig. 414. Caliciu dialisepal erect la varză (A) și răsfînt la piciorul-cocosului (B) (după Baillon).

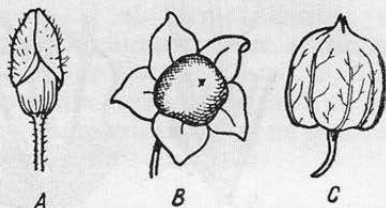


Fig. 415. Caliciu caduc la mac (A), persistent la mătrăgună (B) și acrescent la *Physalis* (C) (după Grințescu).

2. Corola este al doilea înveliș floral, format din petale stituate în interiorul și în alternanță cu sepelele. Forma și mărimea petalelor variază foarte mult la diferitele flori.

Și corola poate fi *dialipetală* și *gamopetală* sau *simpetală*, *actinomorfa* și *zigomorfa*. Florile lipsite de corolă, cum sînt cele de salcie, plop, nuc, mesteacăn, fag, stejar etc. se numesc *apetale*. De aceste caractere morfologice ale corolei se ține seamă în clasificarea plantelor și tot după criteriul lor se face și clasificarea morfologică a corolelor în patru categorii, și anume: a) corole dialipetale actinomorfe; b) corole dialipetale zigomorfe; c) corole gamopetale actinomorfe; d) corole gamopetale zigomorfe.

a) *Corolele dialipetale actinomorfe* sînt foarte răspîndite la plante. La familiile rozacee, ranunculacee și umbelifere, ele au petale scurte, așezate în formă de cupă larg deschisă (fig. 416, A). La cariofilacee, corola are o formă specială, fiecare petală avînd o parte dreaptă, lungă și îngustă care pătrunde în tubul caliciului și o porțiune lată legată pe prima și dispusă orizontal (B). La crucifere, corola are cele patru petale dispuse în formă de cruce (C).

b) *Corolele dialipetale zigomorfe* sînt mai puțin răspîndite decît primele. Un exemplu îl constituie „corola papilionacee” la leguminoase (fig. 417), formată din cinci petale inegale. Una dintre acestea este mai lată și se numește *standard* sau *drapel*, două petale laterale formează *aripile*, iar două sînt unite și formează *luntrița* sau *carena*.

c) *Corolele gamopetale actinomorfe* pot îmbrăca forme foarte variate (fig. 418). Ele pot fi: *tubuloase*, ca la tutun (A); *infundibuliforme*, ca o pîlnie, ca la volbură (B); *campanulate* sau în formă de clopoțel, ca la *Campanula* (C); *urceolate*, în formă de urceor, ca la afine (D) sau mătrăgună; *hipocraterimorfe* (E), lung tubuloase, ale căror petale se lăfesc brusc și se dispun perpendicular pe pereții tubului ca la liliac.



Fig. 416. Forme de corole dialipetale:

A — la *Anemone nemorosa*; B — la garoafă; C — la *Cruciferae*.

Fig. 417. Floarea de mazăre:

A — văzută din profil; B — corola desfăcută;
d — drapel; a — aripi; c — carena (după
Baillon).

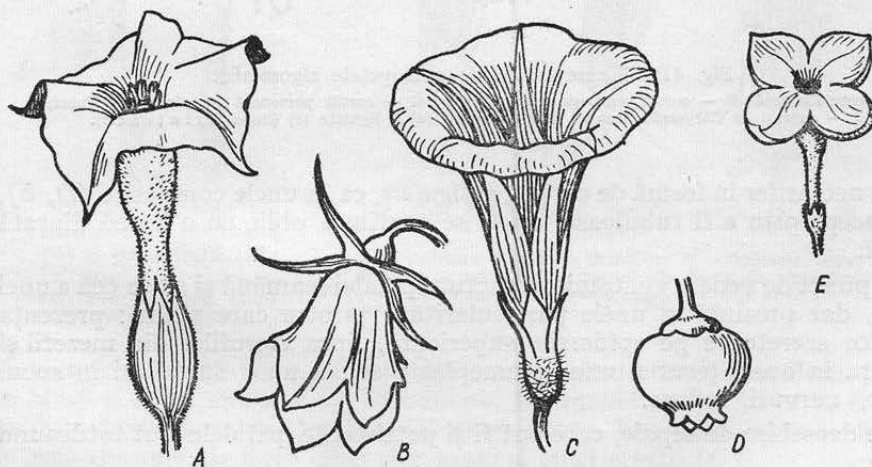
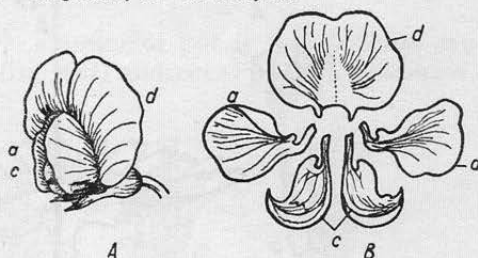


Fig. 418. Forme de corole gamopetale actinomorfe:

A — tubuloasă la tutun; B — campanulată la clopoțel; C — infundibuliformă la volbură; D — urceolată la afine;
E — hipocraterimorfă la liliac (după Grințescu).

d) *Corolele gamopetale zigomorfe* pot fi (fig. 419); *labiate*, cu două buze, ca la urzica moartă (A), cea superioară formată din două petale, iar cea inferioară din trei; *personate* (B), ca la gura-leului, asemănătoare cu cele labiate, dar la care buza inferioară produce încă o umflătură, ca o a treia buză; *pintenate* ca la linariță (C), a cărei corolă personată trimite un

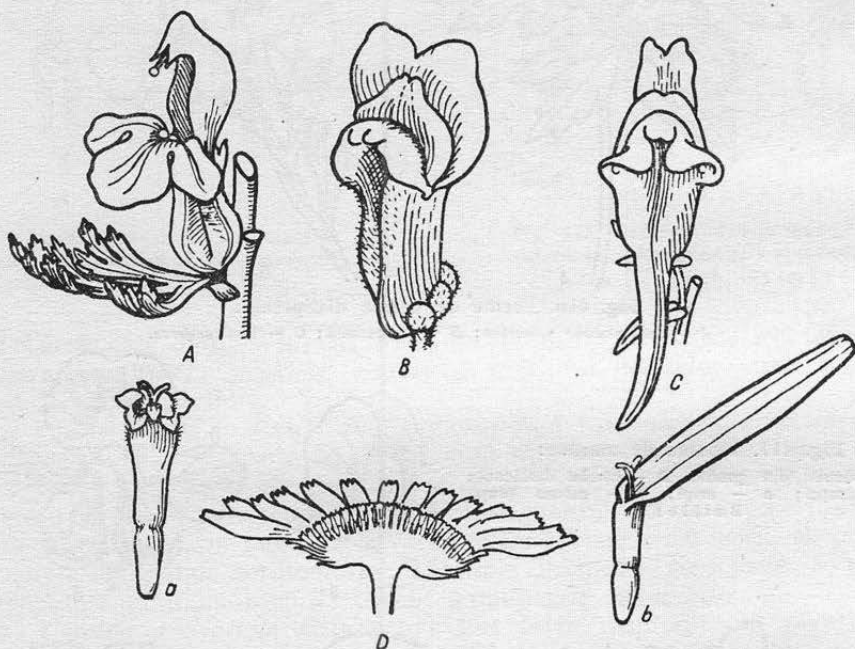


Fig. 419. Forme de corole gamopetale zigomorfe:

A — corolă labiată; B — corolă personată la gura-leului; C — corolă personată cu pinteni la linariță; D — capitul de *Chrysanthemum* ca flori tubuloase (a) și ligulate (b) (după Grințescu).

pinten nectarifer în formă de cornet, și *ligulate*, ca la unele composite (D, b), care începe prin a fi tubuloasă, apoi se continuă oblic cu o limbă dințată la vîrf.

Din punct de vedere anatomic, structura petalei seamănă și ea cu cea a unei frunze, dar prezintă și unele particularități, printre care cităm: prezența papilelor secretoare pe epiderma superioară, lipsa clorofilei din mezofil și prezența în acest țesut a unor cromoplaste sau a unor antociani în sucul celular, nervuri reduse.

Spre deosebire de sepale, care pot fi și persistente, petalele sînt totdeauna caduce.

Rolul corolei este acela de a proteja sporofitele, dar ea joacă și un important rol în atragerea insectelor, care fac polenizarea încrucișată.

Ca origine, am amintit deja că petalele provin din hipsofile sau mai adesea din stamine. La florile „bătute” sau involte, numeroasele petale provin în primul rând din stamine, dar ele pot proveni și din carpele (mac, bujor, trandafir) sau din despicarea vechilor petale (de exemplu, la *Fuchsia*).

c. Androceul

Microsporofilele dintr-o floare de angiosperme se numesc *stamine*, iar totalitatea staminelor poartă numele de *androceu*¹.

Stamina este o frunză profund modificată și fertilă. Ea poartă *sacii polinici*, care produc polen.

Din punct de vedere morfologic, o stamină este alcătuită din trei părți (fig. 420): *filamentul*, *conectivul* și *antera*.

Filamentul este de obicei lung și cilindric; mai rar, ca la nufăr, el poate fi lat, în care caz găsim toate formele intermediare între petale și stamine. El provine din pețiolul frunzei modificate.

La cele mai multe flori, filamentele staminelor sînt *simple*, neramificate. Sînt însă cazuri cînd ele se *bifurcă*, de exemplu la alun, sau se *ramifică* de mai multe ori, ca la ricin.

Într-una și aceeași floare filamentele staminelor pot fi *egal de lungi* sau *inegal de lungi*. În acest din urmă caz (fig. 421) androceul poate fi: *didinam*,

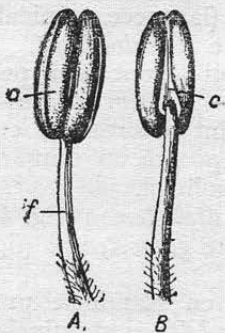


Fig. 420. Stamina văzută pe fața anterioară (A) și posterioară (B): f — filamentul; a — antera; c — conectivul (după Mevius).

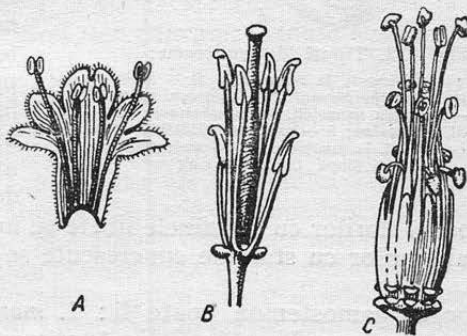


Fig. 421. Androceu cu stamine libere, inegal de lungi:

A — androceu didinam la cimbrisor; B — androceu tetradinam la Cruciferae; C — androceu de *Oxalis* cu cinci stamine lungi și cinci scurte (după Grințescu).

la labiate și scrofulariacee, la care, dintre cele patru stamine ale florii, două sînt lungi și două scurte (A), *tetradinam*, la crucifere (B), la care, dintre cele șase stamine, patru sînt lungi și două scurte. La *Oxalis crenata*, dintre cele zece stamine ale florii cinci sînt lungi și cinci scurte (C).

¹ De la grec. *aner*, *andros* = bărbat.

Conectivul reprezintă limbul frunzei metamorfozate. El este continuarea filamentului în anteră, deasupra căreia se prelungește în multe cazuri.

Antera este cea mai importantă parte a staminei, ea fiind fertilă. În general antera este formată din două jumătăți simetrice numite *loji* sau *teci*, atașate de o parte și de alta a conectivului. Fiecare lojă are un șanț median care o împarte în două jumătăți, având fiecare în interior câte o cavitate numită *sac polinic*, plin cu grăuncioare de polen.

După poziția lor pe filament anterele pot fi *introrse*, cu sacii polinici spre interiorul florii, ca la *Mentha*; *extrorse*, cu sacii polinici în afară, ca la *Iris* și *oscilante*, antere care se prind de conectiv într-un singur punct, ca la grâu.

În general anterele au câte două loji, adică sînt *biloculare*; la nalbă, anterele au câte o singură lojă, fiind *uniloculare* și posedă doi saci polinici; la *Cinnamomum* (lauracee tropicală) antera este *tetraloculară*, avînd patru loji și opt saci polinici; la vîsc — *Viscum album* — staminele sînt concrescute cu periantul și poartă un număr mare de saci polinici.

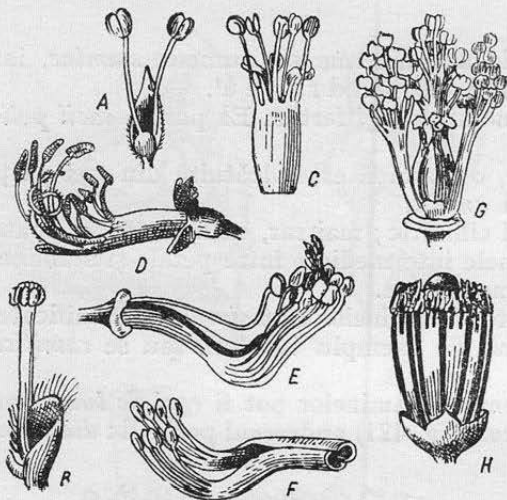


Fig. 422. Tipuri de androceu:

A — androceu dialistem, la *Salix alba*; B — androceu gamostemon, al *Salix purpurea*; C — androceu monadelf, la măcriș; D — androceu monadelf, la *Sarcocolla*; E — androceu diadelf, la mazăre; F — androceu diadelf, la *Polygala*; G — androceu triadelf, la sunătoare; H — androceu poliadelf, la lămii (după Grințescu).

Androceul florilor cu staminele libere se numește *dialistem* (fig. 422, A) iar cel al florilor cu stamine concrescute se numește *gamostemon* (fig. 422, B—H).

Androceul gamostemon poate fi: 1. *monadelf*¹, cu staminele unite într-un singur mănunchi ca la *Salix purpurea*; 2. *diadelf*, cu staminele unite în două mănunchiuri, ca la mazăre, la care dintre cele zece stamine nouă sînt unite, iar a zecea liberă; la *Polygala* cele opt stamine formează două mănunchiuri de câte patru; 3. *triadelf*, cu staminele unite în trei mănunchiuri, ca la *Hypericum perforatum*; 4. *poliadelf*, cînd staminele formează mai multe mănunchiuri, ca la lămii.

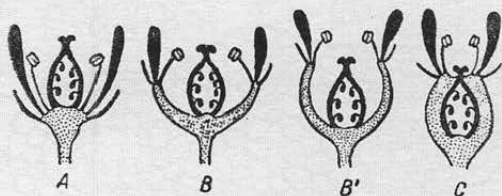
În toate cazurile de mai sus, concrescerea se produce numai între filamente, în timp ce anterele rămîn libere. Există însă și flori, cum sînt cele de compoșee, la care anterele se unesc într-un tub, prin care iese stilul. Astfel de flori se numesc *synantere*.

¹ De la grec. *monos* = unul singur și *adelphos* = frate.

Staminele pot fi concrescute și cu corola, ca la florile gamopetale, sau, mai rar, chiar cu gineceul.

Dispoziția staminelor față de gineceu se poate face în trei moduri (fig. 423), și anume; ele se pot insera la *baza ovarului, împrejurul ovarului* pe marginea unei cupe pe care o formează caliciul și corola unite, și *deasupra*

Fig. 423. Poziția ovarului:
A — ovar superior; B, B' — ovar semiinferior;
C — ovar inferior (după Strasburger).



ovarului, în cazul în care cupa formată de organele amintite se închide, iar staminele fac impresia că se inseră pe vârful gineceului, ca la păr. La orhidee, unde așezarea staminei este deasupra ovarului, stamina unică își unește filamentul cu stilul gineceului și formează împreună cu acesta o coloană masivă în mijlocul florii numită *gynostemium*, în vârful căreia se găsesc cele două loje ale anterei și lobii stigmatului.

Dispoziția staminelor pe receptacul poate fi: *spirociclică*, ca la *Magnoliaceae*, *Ranunculaceae* etc. sau *ciclică*, așa cum sînt dispuse la cele mai multe angiosperme.

Numărul staminelor, cu excepția florilor spirociclice la care este mare și variabil, este suficient de constant și caracteristic pentru o anumită specie, fapt care l-a determinat pe Linné să-l aleagă drept criteriu de bază pentru stabilirea celor 23 de clase de fanerogame ale sistemului său de clasificare artificial. Acest număr al staminelor depinde de numărul verticilelor din floare, unul la gamopetale, unul, mai adesea două, rar mai multe la dialipe-tale. Numărul staminelor dintr-un verticil este foarte variabil: una la *Hippuris*, două la liliac, trei la graminee, patru sau mai adesea cinci la cele mai multe dicotiledonate. Acest număr poate crește prin înmulțirea numărului de verticile, de la trei la cinci, ca la multe rozacee (*Rosa*, *Rubus*) sau prin înmulțirea datorită dedublărilor de stamine din fiecare verticil, putînd ajunge la cîteva sute la nalbă, ricin etc. Se întîmplă și cazuri în care, față de numărul normal, staminele se împuținează, prin concreșteri sau prin avortarea unuia dintre verticile, ca la umbelifere și la aproape toate plantele cu flori gamopetale.

Uneori staminele își pierd antera, devenind sterile și purtînd numele de *staminodii*. La *Canna indica*, din cinci stamine, patru se transformă în staminodii colorate, numai una rămînînd fertilă; la spînz, bulbuci de munte etc. staminodiile se transformă în organe nectarifere. Cînd toate staminele unei flori se transformă în staminodii, floarea devine unisexuală femeiască, cum este cazul la *Lychnis dioica*.

Structura staminei. Microsporogeneza

Filamentul staminei are o structură asemănătoare cu aceea a unui pețiol cilindric, înzestrat cu un singur fascicul libero-lemnos, și acesta conținând puține elemente conducătoare.

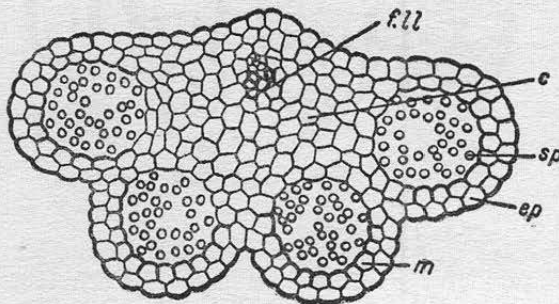


Fig. 424. Secțiune transversală prin antera unei stamine tinere de *Menhita*:

ep — epiderma; *m* — strat mecanic; *c* — conectivul; *s.p.* — saci polinici; *f.ll.* — fascicul libero-lemnos (după Bonnier).

Conectivul, din punct de vedere anatomic, este o simplă masă de parenchim, în care se află fasciculul libero-lemnos, parenchim învelit pe o parte de epidermă, iar pe latura opusă mărginit de sacii polinici ai anterei (fig. 424, c).

Pe o secțiune transversală prin *anteră* se observă că aceasta este împărțită în două jumătăți simetrice (loji), printr-un șanț median; la rîndul său, fiecare lojă are un șanț lateral, care delimitează cei doi saci polinici din interiorul ei.

Structura anterei mature, dacă facem abstracție de conectiv, se limitează la *epidermă* (*ep*) și la stratul sau *straturile mecanice* (*m*), care constituie pereții sacilor polinici (*s.p.*). Celulele acestor straturi au pereții laterali și interiori foarte îngroșați și lignificați, sub formă de dungi, iar pereții externi subțiri și celulozici. Rolul lor este acela de a efectua deschiderea anterei.

Dezvoltarea anterei. Pentru a putea înțelege structura anterei, așa cum se prezintă ea la maturitate, trebuie să urmărim dezvoltarea ei ontogenetică (fig. 425). Staminele apar, ca și celelalte piese florale de altfel, sub forma unor excrescențe pe receptaculul florii. Într-un stadiu foarte tânăr (*A*), un astfel de primordiu este încă nediferențiat. El este învelit de o epidermă, iar în interior conține un meristem omogen. După un timp foarte scurt însă, se schițează deja morfologia viitoarei antere, prin apariția șanțului median și a celor laterale. În acest stadiu (*B*), o secțiune transversală arată că patru celule situate în interiorul și la colțurile primordiului se disting de vecinele lor prin formă și mărime. Aceste patru celule constituie *inițialele sacilor polinici* sau *arhesporii*. Fiecare dintre ele se divide printr-un perete periclinal în două celule: una externă, *parietală* (*c.p.*) și alta internă, *sporogenă* (*c.sp.*). Aceste celule urmează o evoluție cu totul deosebită. Celula parietală, prin mai multe diviziuni tangențiale succesive, va da

naștere la o serie de straturi de celule suprapuse, care, de la exterior spre interior, se succed în ordinea următoare: *stratul mecanic* (*m*), *straturile tranzitorii* (*t*) și *stratul tapet* (*tap.*), cel mai intern, care căpтуșește sacul polinic pe dinăuntru. Stratul mecanic își va îngroșa pereții celulelor și va servi la dehiscența anterei, straturile tranzitorii dispar după o viață scurtă, iar stratul tapet are rolul de a hrăni celulele sporogene, celulele-mame ale grăuncioarelor de polen și tetradele de polen. Acest strat are celule foarte mari, pline cu substanțe de rezervă, bogate în citoplasmă, la început uninucleate, apoi prin diviziunea nucleilor neurmă de diviziunea celulei ele pot deveni plurinucleate. În alte cazuri nucleii lor fuzionează, celulele devenind poliploide. În cele din urmă, membranele se lichefiază și conținutul lor, sub numele de *periplasmodiu*, pătrunde în sacii polinici și hrănește polenul. La epoca maturității polenului, stratul tapet degenerază și dispare. Dintre toate straturile produse de celula parietală nu mai rămâne decât cel mecanic.

Celula sporogenă, diploidă, se divide și ea de mai multe ori și dă naștere la un masiv de *țesut sporogen*, ale cărui celule devin celule-mame ale polenului. Fiecare celulă-mamă, prin două diviziuni succesive, dintre care prima reducți onală, dă naștere la patru grăunciori de polen, care formează o tetradă de microspori haploizi. Procesul nașterii grăuncioarelor de polen se numește *microsporogeneză*. Formarea pereților despărțitori dintre microspori se poate face în două moduri: la dicotiledonate ei apar *simultan* la sfârșitul celor două diviziuni, pe când la monocotiledonate ei apar *succesiv*: după prima diviziune a celulei-mame apare deja un perete care o împarte în două, iar după diviziunea a doua apare un al doilea perete, perpendicular pe primul. Apoi membrana celulei-mame se dizolvă și grăunciorii de polen se împrăstie în sacul polinic, hrănindu-se cu

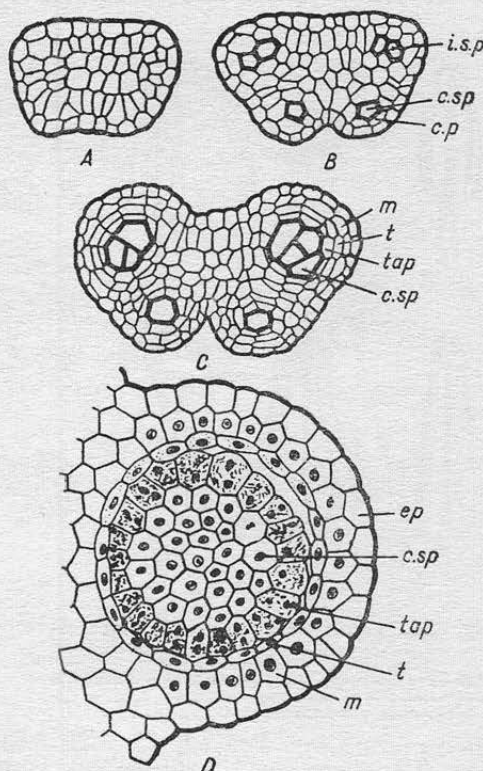


Fig. 425. Dezvoltarea anterei și formarea sacilor polinici

A — anteră tânără cu țesuturi încă nediferențiate (meristeme); B — anteră cu inițialele sacilor polinici (*i.s.p.*); *c.p.* — celula parietală; *c.sp.* — celula sporogenă; C — diferențiere mai avansată; D — secțiune reprezentând toate țesuturile anterei: *ep* — epiderma; *m* — strat mecanic; *tap* — stratul tapet; *t* — țesut tranzitoriu; *c.sp.* — celula sporogenă (după Mascré).

lichidul nutritiv rezultat din stratul tapet. Cu aceasta microsporogeneza s-a încheiat. În același timp, nucleul unic al grăuncioarelor se divide în doi nuclei și polenul ajunge adult, reprezentînd acum gametofitul bărbătesc, care urmează să părăsească antera prin deschiderea ei.

Deschiderea anterelor se poate face: *longitudinal* (fig. 426, A), în dreptul șanțului lateral al fiecărei loji, așa cum se întâmplă la majoritatea

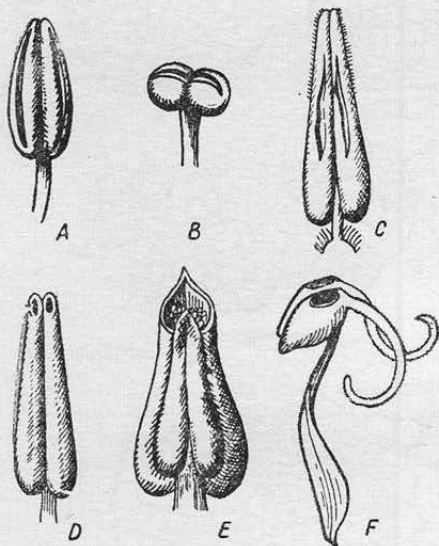


Fig. 426. Tipuri de dehiscență a anterelor:

A și C — dehiscență longitudinală; B — dehiscență transversală; D — dehiscență poricidă; E, F — dehiscență valvicidă (după Grințescu).

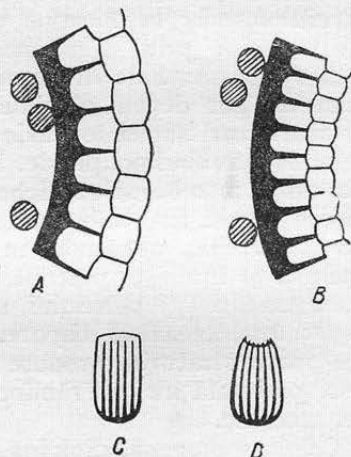


Fig. 427. Țesutul mecanic al anterei (A, B) și comportarea lui în timpul dehiscenței acesteia:

C, D — celule ale țesutului mecanic cu apă (C) și uscate (D) (după Troll).

angiospermelor; prin niște orificii mici situate la vârful lojilor, cînd dehiscența se numește *poricidă* (D) și se întîlnește la cartof, sau prin mici căpăcele ca niște supape, care se ridică parțial și permit ieșirea polenului. Acest mod de dehiscență se numește *valvicidă* și se întîlnește la *Lauraceae* și *Berberidaceae*.

În oricare mod se face, dehiscența anterelor se datorește structurii stratului mecanic și este provocată de uscăciunea aerului. Pierzînd apă, celulele stratului mecanic își contractă mai mult pereții exteriori rămași subțiri, decît cei îngroșați și lignificați (fig. 427, C, D). Ca urmare, se naște o tensiune în țesuturile anterei, a cărei urmare este ruperea pereților acesteia pe linia de minimă rezistență, linie care variază după tipul de dehiscență.

Morfologia și structura polenului

Forma, mărimea și diferitele ornamentații ale membranei polenului variază foarte mult la diferitele angiosperme. Dimensiunile mijlocii ale unui grăuncior sînt cuprinse între 15—50 μ , dar există și grăuncioare mai mari. La dovleac

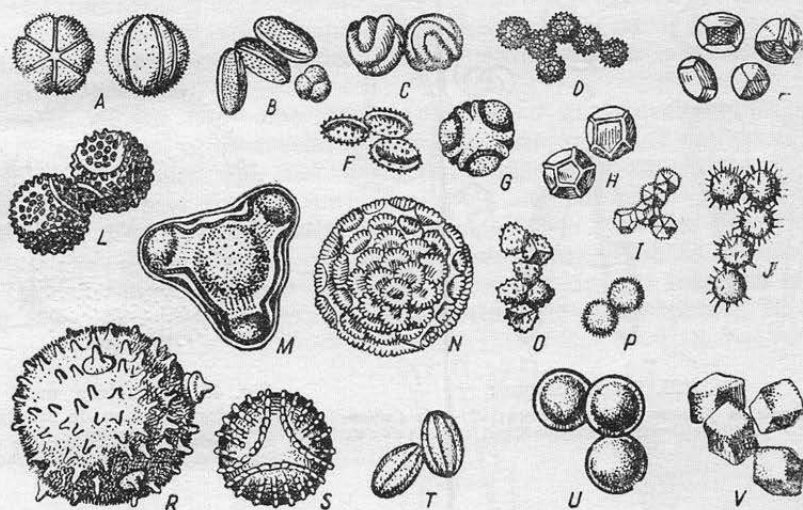


Fig. 428. Forme de polen:

A — la *Mentha aquatica*; B — la *Gentiana*; C — la *Mimulus*; D — la *Cirsium nemoralis*; E — la *Corydalis*; F — la *Carlina*; G — la *Anisacanthus*; H — la *Dianthus*; I — la *Taraxacum*; J — la *Hibiscus*; L — la *Passiflora*; M — la *Oenothera*; N — la *Cobaea*; O — la *Buphthalmum*; P — la *Malva rotundifolia*; R — la *Cucurbita*; S — la *Lamiacanthus*; T — la *Salvia glutinosa*; U — la *Ranunculus*; V — la *Basella rubra* (după Grințescu)

ele pot atinge 150—200 μ diametru (fig. 428, R). La cele mai multe plante, grăuncioarele de polen părăsesc antera independent, izolat. La *Ericaceae* și la papură însă, polenul se răspîndește grupat în *tetrade* (fig. 429, A, B); la alte plante, polenul formează glomerule mai mari de grăuncioare (C), iar la *Orhideae* și *Asclepiadaceae*, toate grăuncioarele dintr-o lojă se grupează într-o singură masă în formă de măciucă numită *polinie* (D, E). Se dă numele de *polen compus* tuturor grăuncioarelor de polen care rămîn unite, cîte patru sau mai multe, în timp ce părăsesc antera.

Din punctul de vedere al structurii, grăunciorul de polen prezintă două părți distincte: *învelișurile* și *conținutul viu*.

Învelișul polenului constă dintr-o membrană dublă: una exterioară, *exina* și alta interioară, *intina* (fig. 430). Exina este o membrană groasă, formată din celuloză, cutină și un polizaharid numit *polenină*, foarte rezistentă la acțiunea mecanică și chimică a agenților externi. Foarte rar netedă, exina prezintă pe suprafața ei o serie de figuri sculpturale sub formă

de spini, creste, umflături în formă de panglici, altele care se întretaie formînd o rețea, dar pe lîngă formele ieșite în relief, exina poate prezenta și adîncituri, șanțuri și pori, în număr, de mărimi și forme extrem de variate, dar caracteristice pentru fiecare specie, fapt care permite să se poată stabili căror specii aparține un polen actual sau fosil. Exina este întreruptă în mai

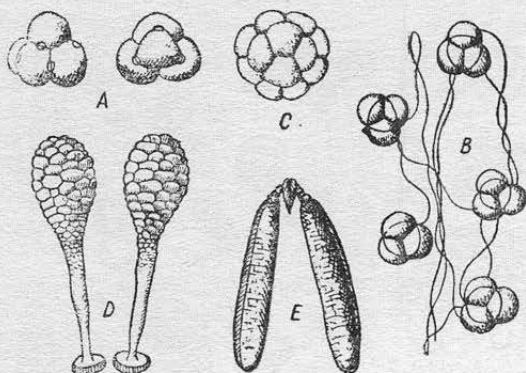


Fig. 429. Polen compus :

A, B — tetrade de *Jussiaea* și *Rhododendron*; C — de *Calliandra*; D, E — polinii de *Orchis* și *Asclepias* (după Grințescu).

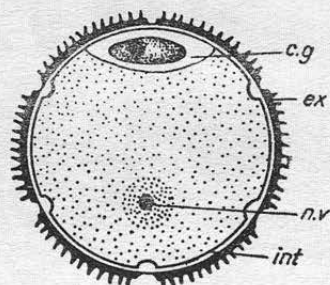


Fig. 430. Structura unui grăuncior de polen de *Mentha* :

ex — exina; int — intina; c.g — celula generativă; n.v — nucleu vegetativ (după Bonnier).

multe puncte, lăsînd pori prin care va ieși tubul polinic. Exact în dreptul porilor exinei, intina prezintă îngroșări de celuloză, ca niște dopuri care-i astupă. Neregularitățile polenului îi ajută să se prindă de suprafața stigmatului.

Intina, membrana internă a polenului, are pereții subțiri și celulozici, cu excepția îngroșărilor din dreptul porilor.

Conținutul viu al polenului în momentul formării sale constă dintr-o singură celulă cu citoplasmă abundentă și cu un singur nucleu. În acest stadiu, el este perfect omolog cu microsporul. Dar încă în sacul polinic, nucleul grăunciorului se divide în doi nuclei, dintre care unul rămîne în centrul său, iar al doilea este împins spre un pol al grăunciorului; acolo se înconjură cu puțină citoplasmă și își formează o membrană subțire, de natură proteică. În această fază polenul conține două celule: una mare, cu nucleu sferic, numită *celulă vegetativă* și alta mică, de formă lenticulară, *celula generativă*, care va da naștere la doi gameți bărbatești neciliați.

Întregul gametofit bărbătesc la angiosperme s-a redus la două celule: una vegetativă, omologă cu protalul bărbătesc și alta generativă, omologă cu anteridiul. Cu un protal unicelular și un anteridiu unicelular, gametofitul bărbătesc de angiosperme a atins un grad extrem de reducere.

d. Gineceul sau pistilul

Extremitatea axului floral de angiosperme este ocupată de *macrosporo-fite* sau *carpele*, a căror totalitate formează organul femeiesc al florii, numit *gineceu*¹ sau *pistil*. Gineceul este un organ nou, caracteristic pentru angiosperme și care nu se mai întâlnește la nici un alt grup de plante. După teoria metamorfozei și carpelele sînt frunze modificate, ca și celelalte organe ale florii. Printre alte argumente în sprijinul acestei teorii este și trecerea gradată de la stamine la carpele, care se poate observa la spînz (fig. 431) și la alte plante.

La unele familii, cum sînt leguminoasele sau gramineele, gineceul este format dintr-o singură carpelă. La marea majoritate a angiospermelor însă, gineceul constă din mai multe carpele, libere sau unite (fig. 432). Indiferent dacă este format dintr-o carpelă sau din mai multe, gineceul este alcătuit din trei părți distincte: *ovarul*, *stilul* și *stigmatul* (fig. 432).

Ovarul este partea bazală, umflată a gineceului, avînd în interior o cameră închisă numită *cavitate ovariană*, de ai cărei pereți interiori se prind *ovulele* care adăpostesc oosfera. Spre deosebire de gimnosperme, la angios-

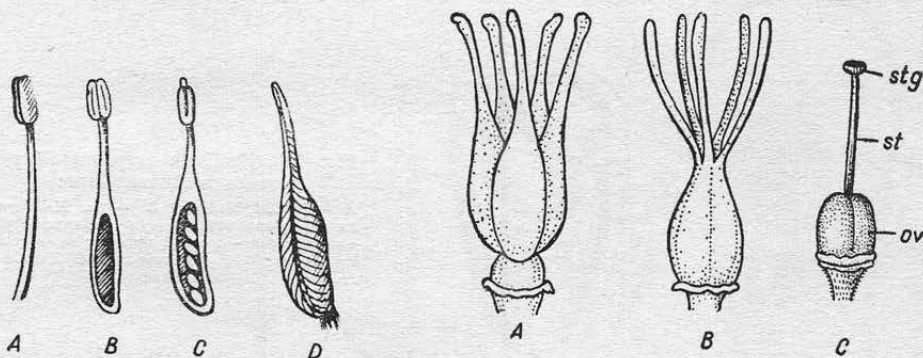


Fig. 431. Trecerea de la stamine la carpele, la spînz (după Bonnier).

Fig. 432. Gineceu apocarp (A) și sincarp (B, C): ov — ovar; st — stil; stg — stigmat (după Mevius și Strasburger).

perme ovulele sînt totdeauna închise în ovar. După fecundație, ovarul se transformă în fruct, iar ovulul în sămînță, care și ea va fi închisă, de unde și numele de „angiosperme” dat acestor plante.

După poziția pe care o ocupă pe receptacul, ovarul poate fi *superior*, *semiinferior* și *inferior* (v. fig. 423).

Ovarul superior (v. fig. 423, A) se află situat în vîrful receptaculului, cu care însă nu concrește, iar toate celelalte piese florale se inseră mai jos

¹ De la grec. *gyne* = femeie.

decît baza ovarului. Astfel de flori se numesc *hipogine*¹ și se întîlnesc la *Liliaceae*, *Cruciferae*, *Papilionaceae*, *Ranunculaceae* etc. Florile *perigine*² (v. fig. 423, B, B') au tot ovar superior, numai că acesta se află situat într-o scobitură a receptaculului cu care nu concrește, iar restul pieselor florale se inseră pe marginile libere ale cupei pe care o formează receptaculul în jurul ovarului. Prunul, vișinul, caisul, piersicul etc. au flori perigine.

Ovarul semiinferior este afundat pe jumătate în receptaculul scobit și concrește cu acesta. Astfel de ovare au florile de sfeclă, soc, trandafir etc., forma aceasta fiind mult mai puțin frecventă la plante decît celelalte două.

Ovarul inferior este complet afundat și concrescut cu receptaculul, în așa fel încît restul pieselor florale lasă impresia că se inseră pe vîrfurile acestuia (v. fig. 423, C). Astfel de flori se numesc *epigine*³ și se întîlnesc la familiile mai evoluate de angiosperme, cum sînt *Cucurbitaceae*, *Campanulaceae*, *Compositae* etc. În natură există numeroase forme de trecere între cele trei forme amintite. Poziția ovarului este un caracter ereditar.

Structura ovarului monocarpelar de leguminoase (fig. 433) seamănă perfect cu aceea a unei frunze care și-a răsucit marginile limbului spre fața lui superioară pînă ce aceste margini s-au atins și s-au sudat, circumscriind o cameră goală: *cavitatea ovariană*. Un ovar policarpelar, dar cu carpele libere, așa cum este cazul la spînz și la alte ranuncu-

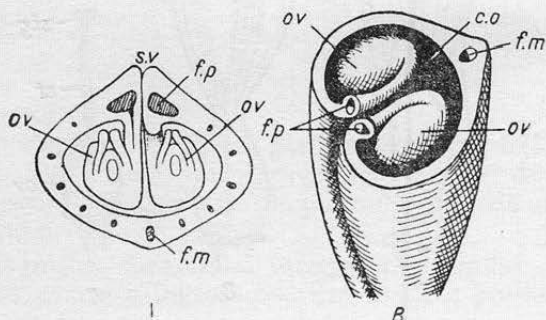


Fig. 433. Secțiune transversală prin ovare monocarpelare:

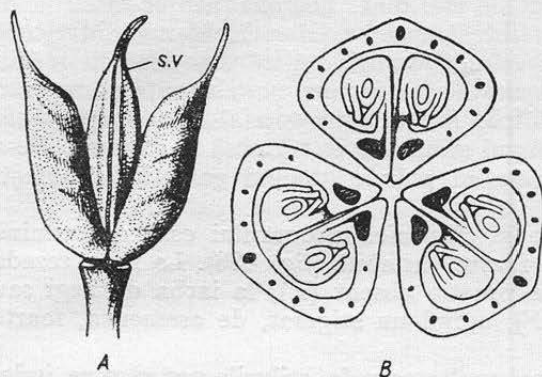
A — la *Delphinium*; B — la *Helleborus*; s.v. — sudura ventrală; f.p. — fascicule placentare; f.m. — fascicul median; ov — ovule; c.o. — cavitate ovariană (după Troll și Bonnier).

lacee (fig. 434) repetă de atîtea ori structura ovarului monocarpelar, cîte carpele are. Același fenomen se observă și în cazul unui gineceu cu carpele unite (fig. 435). Pe o secțiune transversală printr-o carpelă (fig. 435, B) se observă cele două epiderme, una exterioară (*ep. e*) și alta interioară (*ep. i*) și mezofilul, în care sînt înglobate fasciculele libero-lemnoase, dintre care unul mai voluminos este *fasciculul median*, corespunzător nervurii mediane a frunzei carpelare, și alte două fascicule (la ovarul pluricarpelar se repetă), de asemenea mai mari, numite *fascicule placentare* (*f.p* din fig. 433).

¹ De la grec. *hypo* = dedesubt și *gyne* = femeie.

² De la grec. *peri* = împrejur și *gyne* = femeie.

³ De la grec. *epi* = deasupra și *gyne* = femeie.

Fig. 434. Gineceu de *Delphinium*:

A - văzut întreg; s.v - sudură ventrală;
B - în secțiune transversală (după Troll).

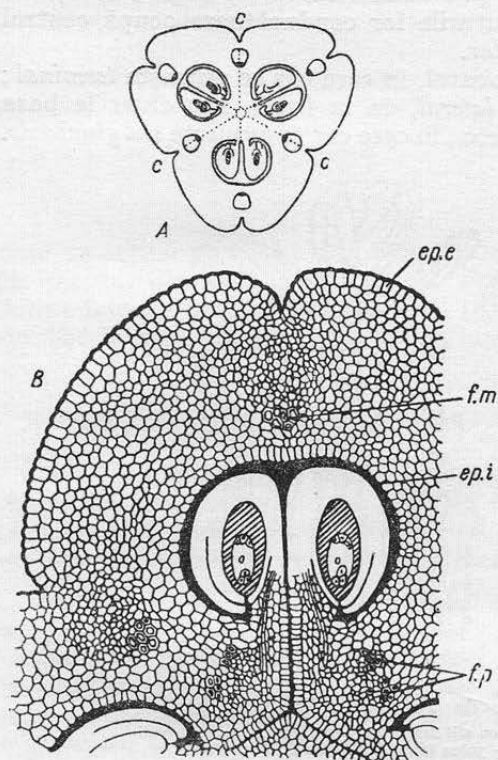


Fig. 435. Secțiune transversală printr-un ovar tricarpelel de crin (A) și o porțiune mărită a aceleiași secțiuni (B):

ep.e și ep.i - epiderma externă și internă; f.m - fascicul median; f.p - fascicul placentar; c - linia de sudură a carpelului (după Troll și Grințescu).

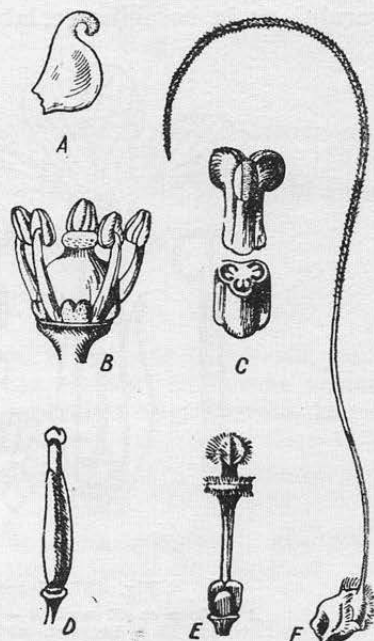


Fig. 436. Forme de stiluri:

A - la piciorul-cocoșului; B - la vița-de-vie;
C - la lălea; D - la iarba-de-neg; E - la sas-chiu;
F - la porumb (după Grințescu).

În restul mezofilului se află fascicule mai mici. Lemnul tuturor fasciculelor este îndreptat spre interior, iar liberul spre exterior. Epiderma interioară a carpelei și câteva straturi de celule parenchimatice din dreapta și din stînga placentei au o structură specială, fiind pline cu substanțe de rezervă și avînd membrane care se gelifică. Acest țesut special se numește *țesut conducător*. El se întinde și în lungul stilului și se termină la stigmat. De-a lungul acestui țesut va înainta tubul polinic, ducînd gameții bărbățești la oosferă.

Stilul este prelungirea subțire și cilindrică a ovarului care se termină cu stigmatul. Lungimea lui este foarte variabilă (fig. 436). La mac, rezeda sau piciorul cocoșului stilul este practic absent (A), la iarba de negi sau la saschiu el este foarte lung (F), avînd un stigmat, de asemenea, foarte lung și păros.

Cînd ovarul este format din mai multe carpele, stilurile pot rămîne independente, ca la *Colchicum*, sau se pot suda (*Lilium* — fig. 436, C). În cazul cînd stilurile sînt sudate, țesuturile lor conducătoare ocupă centrul organului, constituind un *canal stilar*.

În general, stilul continuă în sus ovarul, în care caz se numește *terminal*; el însă se poate insera pe ovar și *lateral*, ca la fragă, sau chiar la baza ovarului, ca la boraginacee, labiate etc., în care caz se numește *stil ginobazic*.

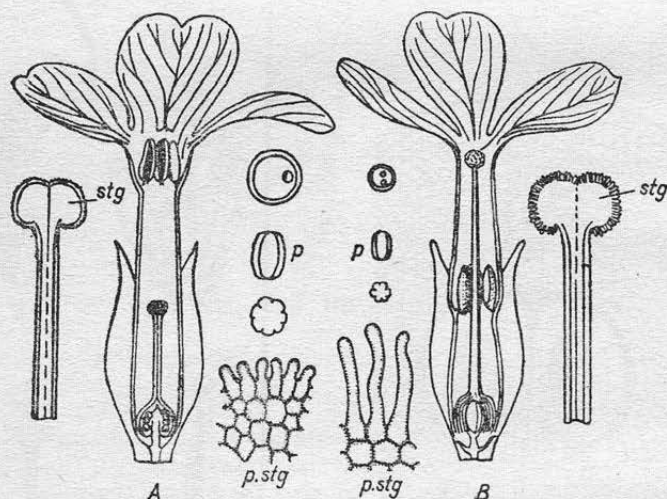


Fig. 437. Heterostilie de *Primula officinalis*:

A — floare cu stil scurt; B — floare cu stil lung; stg — stigmat; p.stg — papilele stigmatului; p — polen (după Ullrich).

Homostilie și heterostilie. În general florile aparținînd unei aceleiași specii au stiluri egal de lungi. Ele se numesc *homostile*. Unele specii fac excepție de la această regulă, putînd avea două feluri sau chiar trei feluri de stiluri: lungi și scurte, ca la ciuboțica-cucului (fig. 437), sau lungi, mijlocii și scurte,

ca la *Lythrum salicaria* (fig. 438). Fenomenul acesta se numește *heterostilie* și reprezintă o adaptare la polenizarea încrucișată, alături de forma diferită a papilelor stigmatului (*p. stg*) și de mărimea grăuncioarelor de polen (*p*).

Stigmatul constituie extremitatea stilului, avînd suprafața mărită și acoperită, în total sau în parte, cu papile care secretă un lichid vîscos,

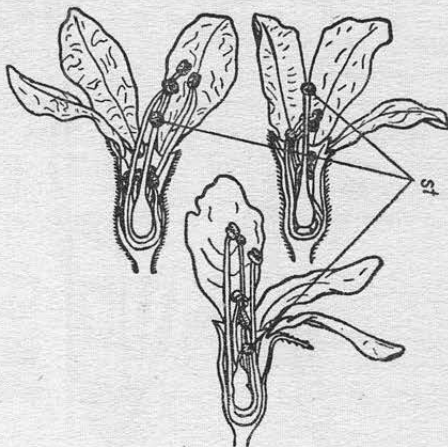


Fig. 438. Tristilie de *Lythrum salicaria*:
st — stigmat (după Ullrich).

care va reține polenul ajuns aici. Formele stigmatului variază foarte mult la plante (fig. 439): globulos la *Primula* (A), scobit la șofran (D), în formă foliacee petaloidă la stînjene (E), păros la graminee (F, G), în formă de disc la mac (H) etc.

Numărul și dispoziția carpelilor gineceului

Ca și celelalte piese florale, carpelul pot fi dispuse în *spirală*, ca la *Magnoliaceae*, *Ranunculaceae* etc., în care caz ele sînt în număr variabil și, în general, uniovulate, și în *verticil*, caz general la angiosperme, la care se găsește un *singur verticil* de carpel.

După numărul carpelilor alcătuitoare, gineceul poate fi *monocarpelar* și *policarpelar*.

Gineceul monocarpelar este destul de rar la angiosperme, găsindu-se la familiile *Papilionaceae*, *Gramineae* și la unele specii de *Rosaceae*, cum sînt prunul, cireșul, caisul etc.

Gineceul policarpelar constituie tipul de organizare al aproape tuturor angiospermelor. Numărul carpelilor este adesea egal cu al celorlalte piese florale: trei la monocotiledonate, al căror gineceu se numește *tricarpelar*, cinci la cele mai multe dicotiledonate (geraniacee, cariofilacee, primulacee etc.), cînd gineceul se numește *pentacarpelar*, două la crucifere, umbelifere și cele mai multe gamopetale, cînd gineceul se numește *bicar-*

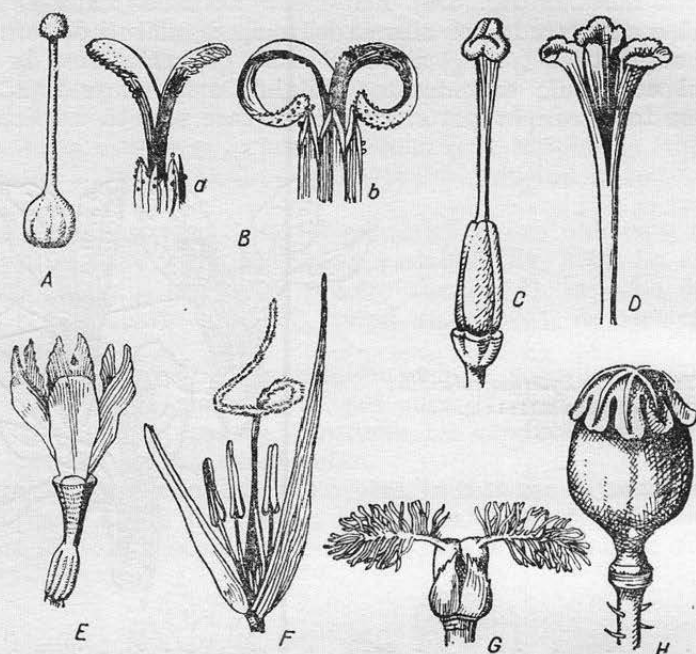


Fig. 439. Forme de stigmat:

A — globoid la *Primula*; B — bifid la *Arnica montana*: a — lobi drepecți; b — lobi încovoiați; C — trifid la crin; D — trifid la șofran; E — foliaceu la stinjenel; F — filiform la țepoșică; G — papilos la *Festuca*; H — stelat la mac (după Grințescu).

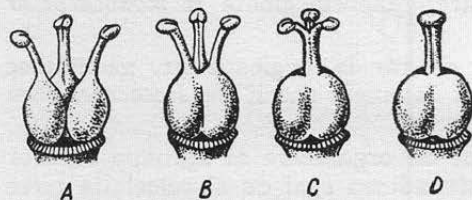


Fig. 440. Tipuri de ovare:

A — apocarp; B, D — cenocarpe: B — numai 'ovarele sînt concrescute; C — și stilurile sînt concrescute; D — sînt concrescute ovarele, stilurile și stigmatele (după Kursanov).

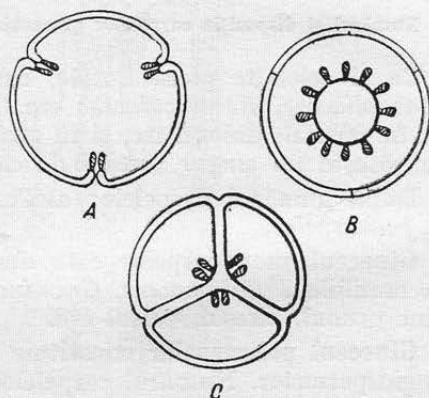


Fig. 441. Tipuri de ovare cenocarpe:

A — ovar paracarp; B — ovar lisicarp; C — ovar eusincarp (după J u k o v s k i).

pelar. Gineceu policarpelar au toate plantele cu flori spiro- și hemiciclice, în care caz, la aceeași specie, numărul carpelilor poate varia. La spînz există flori cu 7, 5, 4 și 3 carpele. Nimfeaceele, papaveraceele și unele rozacee au, de asemenea, în mod excepțional un număr mare și nedeterminat de carpele.

— După *raporturile dintre carpele*, gineceul policarpelar poate fi **apocarp**¹, cînd are carpellele libere — și **cenocarp**² cînd le are concrescute.

A p o c a r p i a este un caracter de primitivitate care se află la puține dicotiledonate: unele ranunculacee, nimfeacee, crasulacee și unele rozacee. Marea majoritate a angiospermelor au gineceu c e n o c a r p. Concrescerea carpelilor este realizată în grade inegale (fig. 440): poate concresce numai baza ovarului (*Nigella*, *Colchicum*), întregul ovar, stilurile rămînînd libere (cariofilacee, umbelifere etc.), sau concresc atît ovarele cît și stilurile și stigmatetele (*D*), ca la geraniacee și cele mai multe gamopetale.

— După *modul cum concresc carpellele*, gineceele cenocarpe pot fi **eusincarpe**, **paracarpe** și **lisicarpe** (fig. 441).

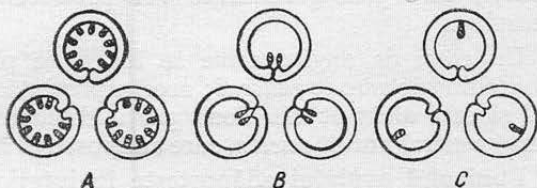
Gineceul eusincarp (*C*) este acela la care suprafețele sudate ale carpelilor se întind pînă în centrul ovarului, împărțind cavitatea acestuia în atîtea loji cîte carpele îl compun. El poate fi bi-, tri-, pentalocular etc.

Gineceul paracarp își are concrescute carpellele prin marginile lor, în așa fel încît ovarul său rămîne unilocular (*A*).

Gineceul lisicarp (*B*), prezent la marea majoritate a plantelor, are tot o singură lojă în ovar, în centrul căreia se află o coloană care face impresia unei continuări în ovar a axului florii, pe care se prind ovulele. Acest tip de gineceu derivă din cel eusincarp, la care septecele care uneau centrul cu pereții ovarului au dispărut.

Fig. 442. Placentația la ovarele monocarpelare:

A — parietală; *B* — marginală; *C* — lamină (după Jukovski).



Placentația. Porțiunea din pereții ovarului de care se prind ovulele se numește *placentă*, iar modul cum sînt dispuse placentele în ovar se numește *placentație*.

La gineceul monocarpelar placentația poate fi *marginală*, *laminară* sau *mediană* și *parietală* (fig. 442), după cum ovulele se prind la marginile sudate ale frunzei carpelare (*B*), la mijlocul laminei carpelare, de o parte și de alta a nervurii mediane (*C*) sau sînt împrăștiate peste tot pe pereții interiori ai cavității ovariene (*A*).

¹ De la grec. *apo* = fără, *karpos* = fruct.

² De la grec. *coenos* = împreună, *karpos* = fruct.

La gineceul policarpelar, placentăția depinde de felul cum s-au sudat carpelele alcătuitoare. Astfel, la gineceul eusincarp placentele ocupă unghiul intern al fiecărei loji, formînd în centrul ovarului un fel de axă purtătoare de ovule, de unde numele de *placentăție axilară* care i s-a dat acesteia (fig. 443, A). La gineceul paracarp, ovulele se prind de pereții

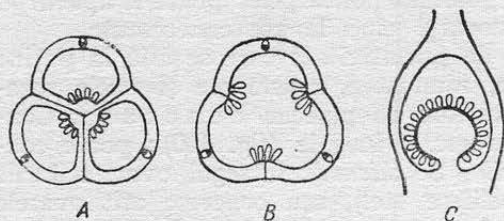


Fig. 443. Placentăția la ovarele cenocarpe:

A - axilară; B - parietală; C - centrală (după Mascré).

ovarului unilocular la marginile sudate ale carpelelor, placentăția se numește *parietală* (B), iar la gineceul lisicarp ovulele ocupă coloana centrală din ovar și placentăția se numește *centrală* (C).

Cel mai răspîndit tip de placentăție este placentăția axilară, după care urmează cea parietală și apoi cea centrală. Tipul de placentăție este caracteristic pentru diferite grupuri de plante și foarte constant, de aceea se utilizează cu precădere în clasificăția și în stabilirea legăturilor de înrudire dintre ele.

Ovulul sau macrosporangele

Pe carpelele sau macrosporofilele ovarului se nasc *ovulele* sau *macrosporangii*, în interiorul cărora se vor forma *sacii embrionari* sau *macrosporii*, care prin germinație vor produce *oosferele*, ce reprezintă gameții femeiești.

Un ovul de angiosperme se leagă de placenta ovarului printr-un cordon cilindric numit *funicul*; acesta prezintă o porțiune mai subțiată numită *hil* și este alcătuit din două părți distincte: *integumentele* și un masiv de țesut central numit *nucela*, care adăpostește în ea *sacul embrionar* (fig. 444).

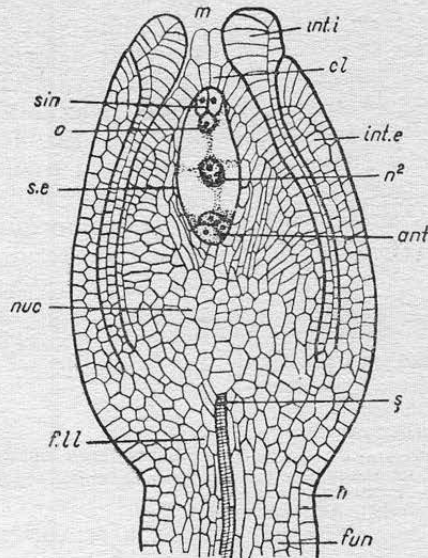
Funiculul ovulului adăpostește în interior fasciculul libero-lemnos, care vine din placenta și care, la baza ovulului, în punctul numit *șalază* (s), se ramifică în mai multe fascicule subțiri care merg în integumente.

Integumentele cînd sînt în număr de două, așa cum este cazul la ovulele de monocotiledonate și la dicotiledonate dialipetale, se numesc respectiv *integument extern* (int. e) și *integument intern* (int. i). La cele mai multe gamopetale însă, precum și la *Umbelliferae* și alte cîteva familii, ovulul are un singur integument. Fie că sînt două, fie că există unul singur, integumentele nu închid complet ovulul, ci lasă un mic orificiu la extremitatea acestuia numit *micropil* (m). Țesutul interior al ovulului, care se întinde de la șalază pînă la micropil se numește *nucelă*, în interiorul căruia, în apropierea micropilului, se află *sacul embrionar*, macro-

sporul germinat sau gametofitul femeiesc, veziculă care găzduiește șapte celule, și anume: o oosferă și două sinergide formează o triadă micropilară, trei celule antipode formează o triadă inferioară sau bazală și în mijloc se găsește o a șaptea celulă, singura diploidă, care poartă numele de nucleu secundar al sacului embrionar (n^2).

Fig. 444. Structura ovulului de *Polygonum divaricatum*:

fun — funicul; h — hil; int.e — integument extern; int.i — integument intern; nuc — nucela; cl — calota; m — micropil; f.ll — fasciculul libero-lemnos; ș — șalază; s.e — sac embrionar; sin — sinergide; o — oosfera; ant — antipode; n^2 — nucleu secundar al sacului embrionar (după Strasburger).



Structura ovulului, așa cum a fost descrisă, se potrivește pentru ovulele majorității angiospermelor. Există câteva abateri în privința numărului de antipode, care pot ajunge pînă la 150, se poate reduce la două, la una, sau chiar pot lipsi.

Poziția ovulelor în ovar. Considerînd o linie care ar trece prin micropil, șalază și funicul și care ar fi axul ovulului, poziția ovulului în ovar poate fi ortotropă, anatropă și campilotropă (fig. 445).

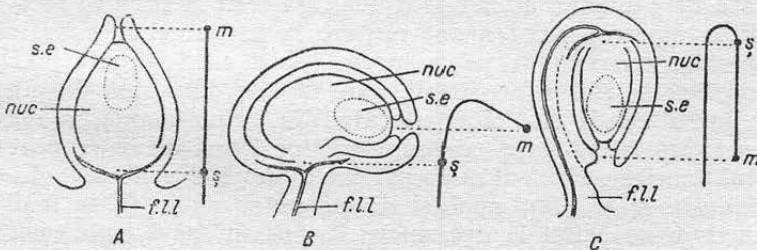


Fig. 445. Poziția ovulului:

A — ovul ortotrop; B — ovul campilotrop; C — ovul anatrop; ș — șalaza; m — micropil; nuc — nucela; s.e — sac embrionar; f.ll — fasciculul libero-lemnos (după Guilliermond).

Ovulul ortotrop sau drept are funiculul, șalaza și micropilul pe aceeași linie (A), care este axul ovulului. Este o formă destul de rar întâlnită la angiosperme: *Polygonaceae* (v. fig. 444), *Urticaceae* etc.

Ovulul anatrop sau răsturnat este extrem de răspândit la angiosperme. El este răsturnat în lungul funiculului, cu care se sudează pe o porțiune laterală numită *rafe*¹. La acest tip de ovul, hilul și micropilul sînt foarte apropiate, dar situate pe axe deosebite (fig. 445, C).

*Ovulele campilotrope*² sau curbate au o formă reniformă și axul îndoit. Se găsesc la cariofilacee, crucifere etc. (fig. 445, B).

Originea ovulului. Ovulul apare ca o ridicătură a pereților ovarului în regiunea placentară (fig. 446). Acest primordiu crește repede și în jurul lui apare o cută de țesut (B), și apoi o a doua cută (C) care vor forma integumentele ce vor înconjura incomplet nucela, lăsînd liber micropilul. Apoi apare funiculul, în care se angajează un fascicul conducător ce vine din placenta și înaintează pînă la șalază.

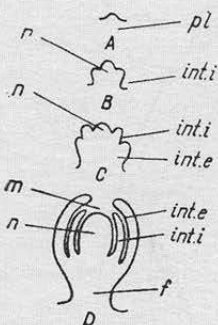


Fig. 446. Schemă arătînd dezvoltarea succesivă (A, B, C, D) a părților ovulului:

pl — placenta; n — nucela;
int. i — integumentul intern;
int. e — integumentul extern;
m — micropilul; f — funiculul
(după Guillaumond).

Dezvoltarea sacului embrionar sau macrosporogeneza

Sacul embrionar își are originea într-o celulă situată în axul nuclei, sub epiderma acesteia, în dreptul micropilului, și procesul dezvoltării sale pînă la stadiul adult și uninucleat constituie macrosporogeneza (fig. 447).

Celula amintită, care reprezintă *arhesporul*, se divide în curînd în două celule suprapuse, dintre care cea superioară se numește *inițiala calotei* (i.c) și care sau nu se mai divide, sau dă un țesut numit *calotă*, ce împinge mai adînc în nucelă pe cea de a doua celulă numită *inițiala sacului embrionar* sau *celula-mamă a macrosporului* (i.s.e). La început diploidă, ca toate celulele ovulului, această celulă suferă imediat o diviziune reduțională (D), urmată de o a doua diviziune tipică, așa încît la sfîrșitul acestor diviziuni inițiala macrosporului a dat naștere la patru celule suprapuse (E). Dintre acestea, cea mai de jos, a patra celulă crește foarte mult, „strivește” pe celelalte trei celule-surori, care în cele din urmă dispar, așa că din cele patru celule haploide născute din celula-mamă, a rămas una singură, *macrosporul*. Acesta „germinează” pe loc și dă macroprotalul sau gametofitul femeiesc. Nucleul său se divide în două (F), fiecare din nucleii-fii divizîndu-se și el (H), apoi și acești patru nucleii-fii se mai divid o dată, ajungîndu-se astfel la opt nucleii închiși în sacul embrionar și grupați cîte patru la fiecare pol al acestuia („nucleii polari”). Din fiecare

¹ De la grec. *raphe* = sudură.

² De la grec. *kampylos* = recurbat.

grup, câte un nucleu polar se deplasează către centrul sacului embrionar (*M*); cei doi nuclei polari se unesc și formează nucleul secundar al sacului embrionar, diploid. Apoi fiecare nucleu din grupurile de câte

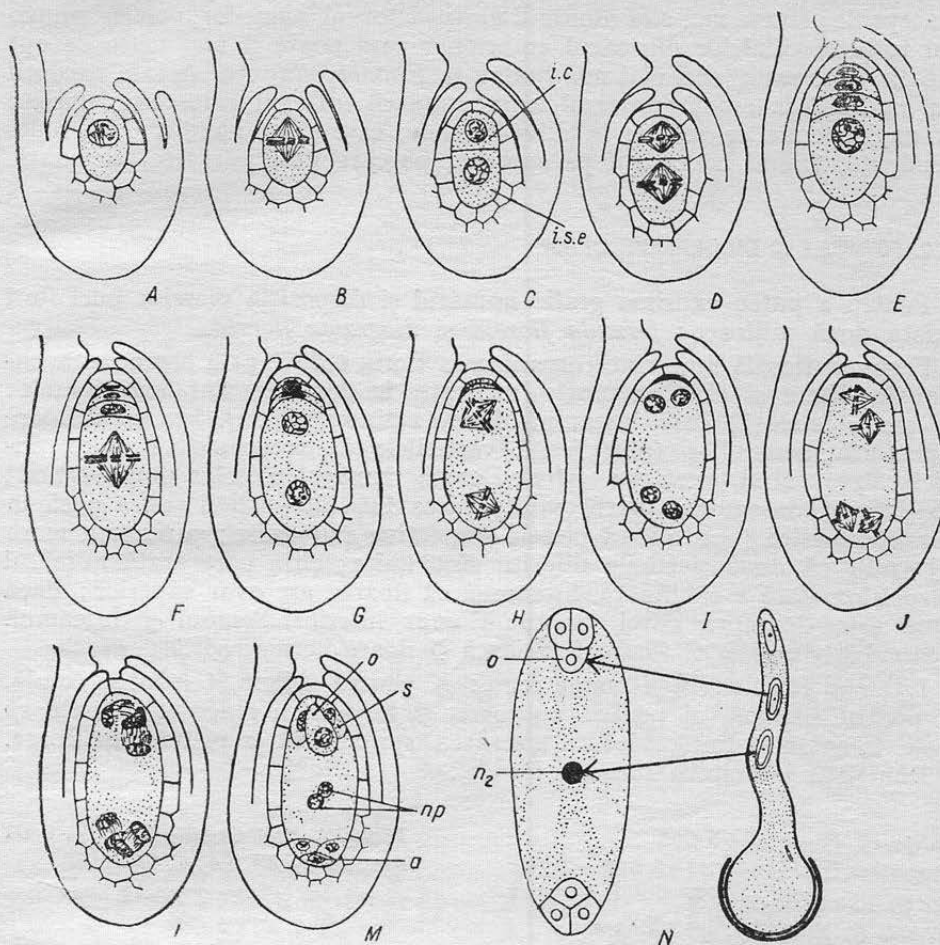


Fig. 447. Apariția, dezvoltarea și fecundația sacului embrionar:

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, L, M — stadii succesive ale dezvoltării sacului embrionar; *H* — fecundația; *i.c.* — inițiala calotei; *i.s.e.* — inițiala sacului embrionar; *o* — oosfera; *s* — sinergide; *n₂* — nucleu secundar; *a* — antipode; *np* — nuclei polari (după Ullrich și Troll).

trei rămase la cei doi poli ai sacului embrionar se înconjură cu citoplasmă și își formează câte o membrană care la grupul micropilar este proteică, iar la cel opus celulozică. Urmează diferențierea celor șase celule în oosferă (*o*), sinergide (*s*) și antipode (*a*), după care sacul embrionar este matur și gata pentru fecundație (*N*).

La mai mult de 80% dintre angiosperme, macrosporogeneza și dezvoltarea gametofitului femeiesc se desfășoară în modul descris mai înainte. Există însă și câteva excepții, tipuri anormale de germinare a macrosporului, care se întâlnesc la indivizi din cele mai diferite grupuri sistematice. Excepțiile privesc mai ales numărul antipodelor, al nucleilor polari, numărul total al celulelor din sacul embrionar care poate fi mai mare de opt (16 la *Peperomia*) sau mai mic (patru la *Plumbagella*) etc. Aceste excepții nu modifică în esență procesul, care arată că întregul gametofit femeiesc la angiosperme se reduce la câteva celule, care și-au pierdut orice independență, trăind heterotrof pe sporofit, pe care nu-l părăsesc niciodată.

2. FORMULE ȘI DIAGrame FLORALE

Pentru a putea exprima grafic numărul și dispoziția pieselor unei flori există două mijloace: *formula florală* și *diagrama florală*.

Formula florală reprezintă organizarea florii, redată prin semne convenționale, litere și cifre. Semnele utilizate în formule sînt următoarele: $\oplus$ sau $*$ (steluță) care înseamnă floare actinomorfă; $\cdot$ înseamnă floare zigomorfă; semnul $+$ (plus) leagă verticilele de același fel; 0 (zero) indică lipsa unui verticil; cifrele arată numărul pieselor unui verticil; ∞ (infinit) înseamnă foarte multe piese într-un verticil; cifra pusă în paranteză mică () arată că piesele respective sînt unite; paranteza mare [] arată că două verticile diferite sînt unite; cifra care arată numărul carpelelor, dacă e subliniată, înseamnă că floarea are ovar superior; dacă linia este deasupra cifrei înseamnă ovar inferior. Semnul σ înseamnă floare bărbătească, φ floare femeiască $\varnothing$ floare hermafrodită.

Literele folosite în formule sînt: *K* pentru caliciu, *C* pentru corolă, *P* pentru perigon, *A* pentru androceu și *G* pentru gineceu. Literele *sp* puse înaintea formulei indică așezarea spirociclică a pieselor în floare.

Dăm mai jos cîteva formule florale:

Tulița $\oplus P_{3+3} A_{3+3} G_{(3)}$

Hyacinthus $\oplus P_{(3+3)} A_{3+3} G_{(3)}$

Iris $\oplus P_{3+3} A_{3+0} G_{(\overline{3})}$

Primula $\oplus K_{(5)} [C_{(5)} A_{0+\overline{5}}] G_{(5)}$

Viola $\cdot K_5 C_5 A_5 G_{(3)}$

Pisum $\cdot K_{(5)} C_{1+2+(2)} A_{(9)+1} G_1$

Brassica $\oplus K_4 C_4 A_{4+2} G_{(2)}$

Juglans $\oplus \sigma K_{2+2} A_{6 \rightarrow 2}$

$\oplus \varphi K_{2+2} G_{(2)}$

Magnolia sp. $\oplus 8 P_{\infty} A_{\infty} G_{\infty}$
+

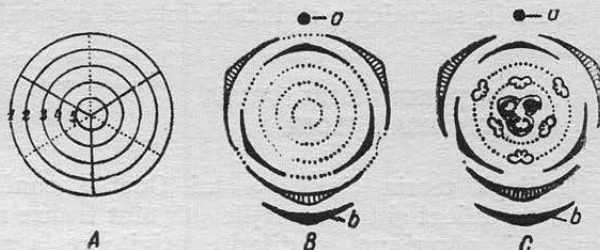
Diagrama florală este un desen schematic reprezentînd, în proiecție orizontală într-un plan perpendicular pe axul florii, toate piesele acesteia, servindu-ne de semne convenționale pentru fiecare fel de piesă.

Spre deosebire de formulă, diagrama arată nu numai numărul pieselor florale, ci și locul pe care acestea îl ocupă, raportul dintre ele (dacă sînt libere sau unite, concrescute sau dedublate, dacă una din piese a dispărut, în care caz în locul ei se pune un *X* etc.).

Diagrama florală este, cu alte cuvinte, o secțiune transversală sintetică, deoarece ne înfățișează amănunte pe care în realitate nu le putem observa decât făcând serii de secțiuni transversale prin toate părțile florii. În diagramă se reprezintă în același plan secțiunile organelor care în natură sînt situate în planuri diferite.

Fig. 448. Construirea diagramei unei flori pentaciclice de lalea:

A — cercurile concentrice, razele și interrazele; B — poziția sepalor și petalelor, a axei florale; C — diagrama completă (după Grințescu).



Construirea unei diagrame se face în felul următor: se consideră axul floral ca avînd forma unui con foarte alungit, iar verticile de piese florale, cu cît sînt mai apropiate de vîrfurile axului, cu atît vor fi situate mai aproape de centrul diagramei, care se confundă cu vîrfurile axului.

Pentru construirea diagramei unei flori ciclice (fig. 448), se fac atîtea cercuri concentrice cîte ciclurile are floarea. Se împart apoi cercurile în două ori atîtea părți egale, cîte piese are fiecare verticil. Se unesc punctele de pe cerc cu centrul prin linii pline sau raze și prin linii punctate, numite

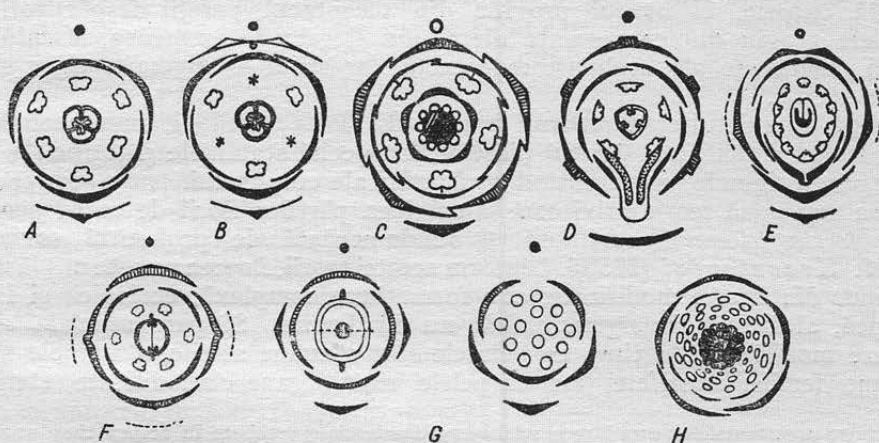


Fig. 449. Diagrame florale:

A — la *Liliaceae*; B — la *Iridaceae*; C — la *Primula*; D — la *Viola odorata*; E — la *Vicia faba*; F — la *Cruciferae*; G — la nuc; H — la *Ranunculaceae* (după Strasburger).

interraze, după care se desenează pe fiecare cerc, pe raze și interraze în mod alternativ, semnele convenționale ce reprezintă piesele florale, începînd cu sepelele, petalele, androceul și gineceul. Aceste semne convențio-

nale sînt: linie cu unghi pentru sepale, arc pentru petale, secțiunea anterei pentru stamine, secțiunea ovarului pentru gineceu. Dacă piesele periantului sînt unite, se unesc și sepalele respective; dacă lipsește o stamină sau un alt organ, locul lui se înseamnă cu o cruce. În figura 449 se dau cîteva diagrame florale.

La florile spirociclice se întrebuițează o spirală în loc de cercuri.

3. CONCEPȚII NOI DESPRE NATURA MORFOLOGICĂ A FLORII

Pe lîngă teoria clasică a lui Goethe, conform căreia floarea este un lăstar modificat și toate părțile sale sînt frunze modificate, în ultimul timp s-au emis păreri noi și diferite privitoare la acest organ.

Astfel, botanistul englez Sanders, în 1925, a emis ipoteza *polimorfismului carpelar*, după care carpelele florii pot îmbrăca forme diferite: unele formează peretele ovarului, altele pereții care împart cavitatea ovariană în loji, altele ovulele, stilul și stigmatul.

Danezul Hagerup socotește că originea carpelelor nu este aceeași la diferitele grupuri de angiosperme, deci ele nu pot fi considerate ca omologe. După el, ovarul nu provine din frunze ci din tulpină.

Această ipoteză a lui Hagerup este dusă și mai departe de Grégoire (1931) și Thompson (1933), după care în florile angiospermelor nu există carpele, ci ovarul provine din receptacul, pereții despărțitori și ovulele provin din excrescențe ale axului floral; de asemenea, staminele ar fi emergințe ale aceluiași receptacul, iar stilul și stigmatul ar fi stamine sterile.

După botanistul contemporan francez L. Plantefol, numai sepalele sînt frunze modificate. Restul pieselor, în special staminele și carpelele ar fi organe originale, reprezentînd proliferări ale corpului.

Cea mai nouă teorie privitoare la originea părților florii de angiosperme este *teoria telomelor* susținută și fundamentată de profesorul sovietic I. M. Krecetovici (1956)¹. Conform acestei teorii, floarea nu este un lăstar compus din frunze modificate, ci o formațiune complexă, ecologică și fiziologică, alcătuită din *organe axiale*, nu din frunze. Singure sepalele sînt frunze modificate, în timp ce petalele sînt stamine sterile, staminele sînt telome fertile, sporifere, iar carpelele sînt organe cladodificate, sterile.

Printre argumentele cu care Krecetovici își susține teoria și combate în același timp vechea teorie a lui Goethe, cele mai importante sînt următoarele:

1. În dezvoltarea stadială a plantelor, primele organe care apar sînt cele vegetative și numai cu mult în urma acestora apar organele de reproducere. Apărînd în stadii diferite, cele două categorii de organe nu se pot transforma unele în altele.

2. În decursul dezvoltării filogenetice a plantelor, sporangiul a apărut înaintea frunzei, și anume la acele plante care încă n-au corpul diferențiat în organe vegetative distincte. ci

¹ Krecetovici, I. M.: *Floarea angiospermelor*. Analele Româno-Sovietice. Seria biologie, nr. 3, 1956, p. 30-44.

format numai din segmente cilindrice numite *telome*. Unele dintre telome au devenit asimilatoare (*telome-filoizi*), altele sporifere (*telome-sporangii*).

3. Lipsa stomatelor din epidermele petalelor, staminelor și carpelor; faptul că toate aceste părți ale florii au lemnul fasciculelor lor format din traheide și nu din trahee ca frunzele, și mai ales faptul că la subsuoara acestora nu apar niciodată, nici chiar ca fenomene teratologice (anormale), muguri axilari, constituie, după Krecetovici și alți adepți ai teoriei telomelor, un argument important în favoarea originii acestor părți ale florii din organe axiale, nu din frunze.

4. Cazurile de treceri gradate de la petale spre stamine și de la stamine spre carpele pot fi interpretate și ca treceri în sens invers, de la carpele spre stamine și de la stamine spre petale, aceste două categorii de organe fiind omologe.

Dacă teoria telomică va fi definitiv acceptată în morfologie, mulți termeni utilizați astăzi în studiul florii (microsporofile, macrospori etc.) vor trebui abandonati o dată cu vechea teorie a metamorfozei.

Originea filogenetică a florii de angiosperme

Primele resturi fosile de angiosperme au fost găsite în calcarele jurasice din era mezozoică. În perioada următoare a aceleiași ere, în cretacic, angiospermele erau reprezentate nu numai prin familiile actuale, ci chiar și prin principalele genuri de astăzi. De asemenea, ele izbutiseră deja să se răspândească în toate tipurile ecologice de stațiuni.

Din păcate însă, nu s-a găsit sub formă de fosile nici strămoșul incontestabil al angiospermelor, nici organul din care a derivat pe cale istorică floarea. Din această cauză, asupra originii florii și a primelor tipuri de angiosperme s-au emis mai multe ipoteze, dintre care mai importante sînt *ipoteza pseudanției* și *ipoteza euanției*.

Ipoteza pseudanției sau a *florii false*, formulată pentru întâia dată de botanistul austriac Wettstein și acceptată de mulți alți botaniști ca Engler, Warming etc. susține, în esență, că floarea angiospermelor s-a născut din inflorescența unor gimnosperme superioare (Gnetale), prin simplificare (fig. 450, A'—B'), fiecare stamină și fiecare carpelă fiind omologă cu o floare simplă, lipsită de petale. După această ipoteză, angiospermele cele mai primitive sînt apetalele lemnoase, cum sînt cele din fam. *Fagaceae*, *Betulaceae*, *Juglandaceae* etc., cu flori unisexuate dispuse în amenți, flori cu înveliș simplu sau fără înveliș. Prin contopirea a două flori unisexuate s-ar fi născut floarea hermafrodită de angiosperme, ale cărei învelișuri s-au dublat și care a trecut de la polenizarea prin vînt la polenizarea prin insecte. Această ipoteză se bucură de puțină circulație.

Teoria euanției sau a *florii adevărate*, formulată de Bessey și Hallier dar la care au aderat și alți botaniști ca Arber, Parkin etc., susține că floarea este un strobil (con) modificat, la care vîrfurile axei s-au transformat într-un receptacul, iar frunzele lui s-au metamorfozat în periant, stamine și carpele (fig. 450, A, B). După această ipoteză, floarea angiospermelor derivă din cea a gimnospermelor inferioare, din clasa *Bennetti-*

tinae, plante cu flori mari, hermafrodite, în formă de con și cu învelișuri florale (fig. 451). Cele mai primitive angiosperme, după această ipoteză, sînt fam. *Magnoliaceae* și *Ranunculaceae*, cu flori mari, avînd piese în

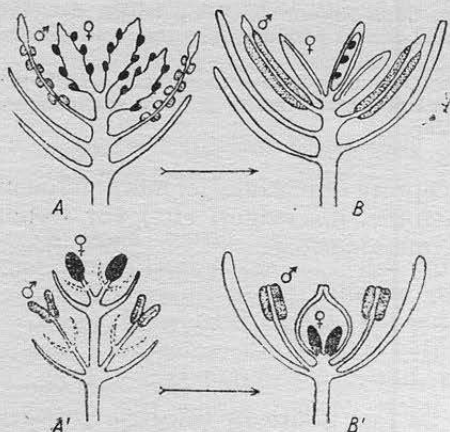


Fig. 450. Originea florii de angiosperme după teoria euanției (A, B) și după cea a pseudanției (A', B') (după Wettstein, din Strasburger).



Fig. 451. Secțiune printr-o floare, parțial deschisă, de *Bennettitales*.

p — periant; s — stamine; c — conul cu carpelle (după Morariu).

număr nelimitat, dispuse în spirală. Drumul urmat de evoluția florii primitive a dus la micșorarea axului, la îpuținarea numărului de piese, la dispoziția ciclică și la ovar inferior. Adepții ipotezei euanției, printre care numeroși botaniști contemporani, consideră apetele lemnoase drept plante evolute, care și-au simplificat în mod secundar alcătuirea florii.

D. FORMAREA OULUI LA ANGIOSPERME

Rolul florii este acela de a da naștere oului sau zigotului, punctul de plecare pentru formarea unui nou individ. Formarea oului este o urmare a unirii celor doi gameți de sex contrar, a fecundației. Actul fecundației este însă precedat de două fenomene premergătoare, fără de care el nu poate avea loc: *polenizarea* și *germinarea polenului*.

1. POLENIZAREA ȘI MODALITĂȚILE EI

Polenizarea este transportul polenului, prin diferite mijloace, de la anteră pe stigmat.

Se deosebesc două tipuri de polenizare: *autopolenizarea* și *polenizarea încrucișată*.

Autopolenizarea are loc la florile hermafrodite și constă în ajungerea polenului din anterele unei flori pe stigmatul aceleiași flori (*autogamie*) sau pe stigmatul unei alte flori de pe același individ (*geitenogamie*)¹.

Nu toate florile hermafrodite se pot autopoleniza, ci numai acelea ale căror organe sexuale ajung la maturitate în același timp. Asemenea flori se numesc *homogame*.

Există însă foarte multe flori hermafrodite la care cele două organe sexuale nu ajung la maturitate simultan, ci la intervale de timp diferite, făcând imposibilă autopolenizarea. Astfel de flori se numesc *dichogame*². Florile dichogame pot fi *proterandre*, la care staminele ajung la maturitate înaintea pistilului și *proterogine*, la care gineceul ajunge la maturitate înaintea staminelor.

Proterandria este mult mai frecventă decât *proteroginia* și se întâlnește la florile de *Cariophyllaceae*, *Papilionaceae*, *Malvaceae*, *Labiatae*, *Campanulaceae*, multe compozee, liliacee, la florile unisexuate de porumb etc.

Proteroginia este răspândită la florile de *Cruciferae*, *Rosaceae*, *Solaneae* etc. Florile dichogame, deși hermafrodite morfologic, se comportă fiziologic ca și cum ar fi unisexuate.

Autopolenizarea este un fenomen relativ puțin răspândit la plante. Totuși, o bună parte dintre plantele noastre de cultură cum sînt: orzul, mazărea, grîul, fasolea, ovăzul, roșiile, bumbacul, inul etc. sînt autogame. După un număr oarecare de generații născute prin autogamie, aceste plante degeneratează, dacă între timp n-au realizat o polenizare încrucișată. Explicația fenomenului constă în aceea că gameții care se fecundază în autogamie sînt identici din punct de vedere ereditar. În plus, trăind în aceeași floare, se găsesc în condiții de mediu identice. Ca urmare, noua plantă moștenește aceleași caractere parentale și aceleași cerințe față de mediu, și deci cercul ei de adaptabilitate se tot restrînge. Se evită aceasta polenizîndu-le încrucișat, pe cale artificială.

La multe plante, printre care și pomii fructiferi, autopolenizarea duce la sterilitate. Florile autopolenizate nu produc rod. Există însă plante care, deși se autopolenizează, fructifică în mod normal. Astfel, multe graminee sălbatice și orzul cultivat își autopolenizează florile încă de pe timpul cînd spicul este învelit în frunze și deci polenul străin nu poate pătrunde la ele. De asemenea, la unele soiuri de mazăre, fasole, lupin, florile se autopolenizează în boboc. Există și plante cu întocmiri speciale în floare, care favorizează autopolenizarea. La florile de *Berberis vulgaris* (fig. 452) staminele au la bază un țesut senzitiv care, atins de trompa unei insecte, provoacă curbarea bruscă a staminei, care izbește stigmatul, lăsîndu-și polenul pe el. La albăstriță (*Centaurea cyanus*) din fam. *Compositae* (fig. 453), la baza stigmatului se găsește un smoc de perișori colectori (p. c). Cînd stilul iese din mijlocul tubului pe care-l formează cele cinci antere unite ale staminelor, colectează polen pe care apoi îl vor atinge

¹ De la grec. *geiton* = vecin.

² De la grec. *dicha* = dublu și *gamos* = căsătorie

cei doi lobi ai stigmatului, care, după ieșirea din floare, se îndoaie în jos. În sfârșit, plantele cu flori *cleistogame*¹ (flori care nu se deschid niciodată) se polenizează numai cu polen propriu. Astfel de flori se întâlnesc la *Viola*, *Oxalis*, *Polygala* etc. Vioreaua, pe lângă florile parfumate

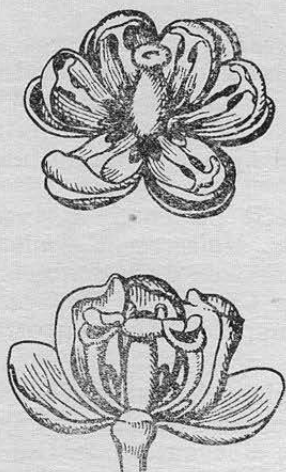


Fig. 452. Autopolenizarea la *Berberis vulgaris* (după Grințescu).

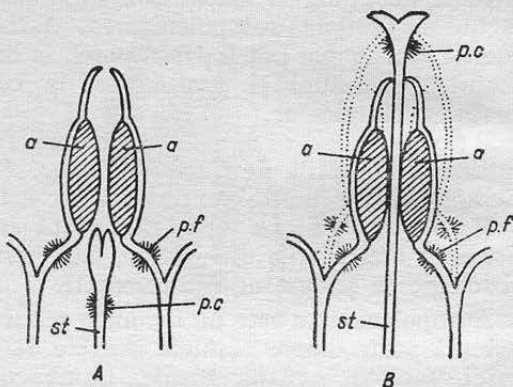


Fig. 453. Autopolenizarea la albăstriță:
A — floare închisă; B — floare deschisă; a — antere;
p.c — perișori colectori; st — stilul; p.f — perișori pe filamentele stigmatului (scheme după Bonnier).

timpurii, produce vara mai târziu niște flori care nu se deschid, ci trec direct din starea de boboc în cea de fruct. Și plantele care produc fructe sub pămînt au flori cleistogame: de exemplu, *Arachis hypogaea*. Există soiuri ale aceleiași specii de secară, trifoi etc. cu autopolenizare, alături de alte soiuri cu polenizare încrucișată.*

În natură, plantele cu polenizare încrucișată pot da forme cu autopolenizare, cînd ajung în condiții de vegetație nefavorabile ca cele din pustii, munți înalți, insule izolate etc. În acest caz, autopolenizarea apare ca o adaptare la mediu ce favorizează conservarea speciei.

Polenizarea încrucișată are loc atunci cînd pe stigmatul unei flori ajunge polen străin (*xenogamie*)² provenind de la florile unui alt individ de același soi sau de un soi diferit. Ea este mai favorabilă pentru plante decît autopolenizarea, deoarece, în acest caz, se unesc gameți diferiți, cu proprietăți ereditare diferite, provenind de la plante care au trăit în condiții de mediu diferite. În consecință, urmașii vor avea posibilități de răspîndire și adaptare la mediu mult mai largi.

¹ De la grec. *kleistos* = închis.

² De la grec. *xenos* = străin.

Agenții care transportă polenul de pe o floare pe alta sînt *vîntul*, *animalele* și, în cazuri mai rare, *apa*, plantele numindu-se respectiv *anemofile*, *zoofile* și *hidrofile*.

Aproximativ 10% dintre angiospermele actuale sînt plante anemofile: gramineele, ciperaceele, amentaceele, cum sînt plopul, mestecănul, arinul, stejarul, nukul etc.; apoi ulmul, hameiul, urzica etc.

Florile plantelor anemofile¹ se recunosc după o serie de caractere particulare. Ele sînt mici, fără culori vii, fără nectarine, cu periant simplu sau redus. Adesea florile brăbatești se grupează în inflorescențe, mai ales în amenturi. Polenul lor uscat, mărunt, ușor și prăfos, se produce în cantități extraordinar de mari; într-un ament de alun iau naștere aproximativ 4 milioane grăuncioare de polen; o inflorescență de porumb produce cam 50 milioane de grăuncioare. Coniferele produc atîta polen încît acesta

plutește ca niște nori, numiți popular „nori de pucioasă”. Amentii plantelor anemofile sînt oscilanți, atîrnă în jos și se scutură la cea mai ușoară adiere de vînt. Tot oscilante sînt și staminele gramineelor (fig. 454), ale căror antere se prind de filamente la mijloc și se mișcă foarte ușor, scuturînd polenul. Stigmatul florilor anemofile sînt lungi, mari și penate (la porumb ele alcătuiesc „mătasea porumbului”), cu suprafața lipicioasă de care se prinde ușor polenul.

Autopolenizarea la plantele anemofile este împiedicată de faptul că florile lor sînt dichogame.

Plantele zoofile se polenizează cu ajutorul animalelor. Dintre grupurile de animale care fac polenizarea încrucișată a florilor, mai importante sînt insectele și păsările. Plantele polenizate prin insecte se numesc *entomofile*², iar cele polenizate prin păsări se numesc *ornitofile*³. Există plante, puține la număr, care se polenizează prin melci sau lilieci. Insectele care fac polenizarea florilor sînt mai ales albinele, bondarii, viespile, muștele și fluturii.

Florile *entomofile* se caracterizează prin următoarele însușiri: au corolă viu colorată sau perigon petaloid; dacă sînt mici se asociază în inflorescențe mari, foarte vizibile, cum este cazul la *Umbelliferae* sau *Compositae*. La multe capitule de compozee, florile marginale sînt mai mari decît cele din

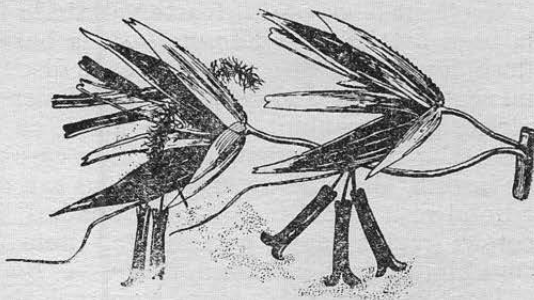


Fig. 454. Două spiculețe de graminee (*Arrhenatherum*) cu flori, avînd stigmatul păroase, antere oscilante și foarte mult polen (după Guillaumond).

¹ De la grec. *anemos* = vînt și *philos* = prieten.

² De la grec. *entomos* = insectă și *philos* = prieten.

³ De la latin. *ornis* = pasăre și *philos* = prieten.

mijloc (floarea-soarelui, crizanteme); la unele umbelifere, florile periferice sînt sterile (morcov). Florile entomofile produc în petalele lor uleiuri eterice, care dau mirosuri puternice simțite de departe de către insecte. Unele mirosuri de flori sînt neplăcute, de pește putred, de cadavru sau de bălegar (florile de *Rafflesia*, *Stapelia*, multe orhidee etc.) și ele sînt vizitate de muște. Caracterul principal al florilor entomofile este însă prezența *nectarinelor*.

Nectarinele au poziții foarte variate în floare (fig. 455). Ele pot fi situate la baza petalelor (la *Ranunculus*), la baza ovarului (*Vitis*), pe receptaculul florii, formînd un disc nectarifer ca la disciflore (*Rutaceae* etc.), sau în pînteni nectariferi ca la viorea, călțunași. Polenul florilor entomofile este mare, lipicios, cu neregularități pe suprafață, cu care se prinde ușor atît de corpul insectelor cît și de stigmat. Sînt flori care pot fi polenizate de familii întregi de insecte, altele de un grup restrîns sau chiar de o singură specie. Astfel, trifoiul roșu se polenizează prin bondari, florile cu nectar adînc, în tubul corolei (regina nopții, petunii etc.) numai prin fluturi cu trompa lungă, smochinul printr-o singură viespe — *Blastophaga grossorum*.

Plantele *ornitofile*, toate subtropicale, aparținînd genurilor *Tecoma*, *Jacaranda*, *Fuchsia* etc., se caracterizează prin flori mari, viu colorate, mai ales roșii, al căror nectar ascuns în tubul corolei este căutat de păsările muscă (colibri) cu ciocul lung. În timp ce pasărea sughe nectarul din floare, ea se acoperă pe penele capului cu polen, pe care-l duce apoi la altă floare (fig. 456).

Plantele *hidrofile* sînt acelea la care polenizarea se face cu ajutorul apei. Acestea sînt puține la număr, deoarece cele mai multe plante acvatice își ridică florile în aer, fiind polenizate prin vînt sau insecte

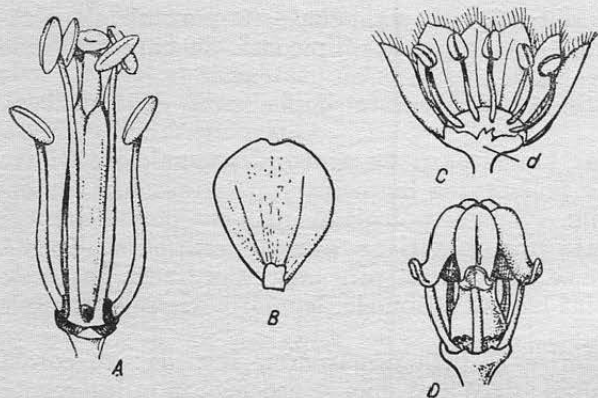


Fig. 455. Poziția nectarinelor :
A — la muștar, la baza staminelor;
B — la piciorul-cocoșului, la baza
petalelor; C — disc nectarifer, la arțar
(d); D — la vița-de-vie, nectarinele
se găsesc la baza ovarului (după
Pranti, din Grințescu).

și numai la foarte puține dintre ele factorul polenizator este apa. Dintre acestea din urmă vom cita cazul plantei *Vallisneria spiralis* (fig. 457), plantă submersă, dioică. Florile bărbătești formează amenți înveliți de către o spată. Fiecare floare are trei sepal și două stamine. Cînd anterele sînt mature, aceste flori se rup din ament una cîte una și se ridică deasupra

apei, lăsându-se purtate de valuri. Tot acum se deschid și anterele. Florile femeiești sînt așezate cîte una în vîrfului unui peduncul foarte lung și învîrtit în spirală. La maturitatea lor, care coincide cu cea a florilor bărbătești, pedunculul spiralat se derulează, spata florii se deschide și stigmatul trilobat se etalează la suprafața apei, unde are toate șansele să întâlnească o floare

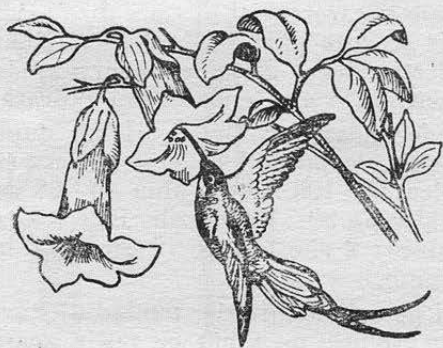


Fig. 456. Flori de *Bignoniaceae* polenizate prin păsări (colibri) (după Grințescu).

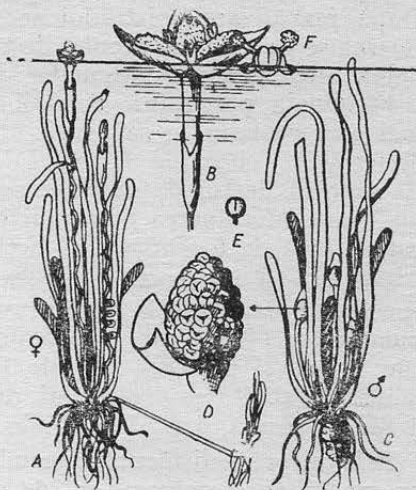


Fig. 457. Polenizarea la *Vallisneria spiralis*:

A - plantă femeiească; B - o floare izolată; C - plantă bărbătească; D - inflorescență bărbătească; E - o floare singuratică ce se ridică la suprafața apei; F - momentul polenizării (după Ullrich).

bărbătească și astfel să se efectueze polenizarea. După fecundație, spata și întreaga floare femeiească se închide din nou, pedunculul floral se răsușește și trage floarea fecundată în apă, unde se formează fructul și se maturizează semințele.

La alte plante submerse, cum sînt *Ceratophyllum*, *Zostera* sau *Ruppia*, polenul are aceeași densitate ca apa, plutește la diferite nivele ale acesteia, unde întâlnește stigmatul florilor femeiești și are loc polenizarea hidrofilă.

Polenizarea artificială. Omul a cunoscut efectul polenizării încrucișate și a practicat-o cu mult înainte de a bănuî măcar rolul polenului în fecundație. Încă din antichitate arabii au știut că arborii femeiești de curmal fructifică mai regulat și mai abundent dacă în aceeași oază se găsesc și indivizi bărbătești. Tot ei au descoperit faptul că scuturînd deasupra florilor femeiești inflorescențe masculine, rodirea este mai sigură. Popoarele din jurul Mediteranei au învățat de timpuriu să facă polenizarea artificială la smochin.

Polenizarea artificială se poate aplica la porumb, secară, hrișcă, floarea-soarelui etc. Pe lângă polenizarea naturală, acestor plante li se poate aplica o polenizare *suplimentară*, artificială.

Pe polenizarea artificială se bazează *metoda hibridării sexuate*, prin care se urmărește crearea de soiuri noi sau se urmăresc probleme științifice de genetică. Dacă florile cu care se experimentează hibridarea sexuată sînt hermafrodite, ele se castrează prin îndepărtarea staminelor încă din boboc. După maturizarea pistilului se polenizează cu polen străin. Tot timpul floarea se ține sub un săculeț de tifon sau celofan, spre a împiedica pătrunderea altui polen la stigmat.

Fiziologia polenului. Polenul conține foarte multe substanțe nutritive, mai ales proteine și zaharuri, un sortiment extrem de numeros și variat de fermenți, vitamine, hormoni de creștere și carotenoizi în stare dizolvată. El suportă destul de ușor temperaturile scăzute pînă la -20°C și chiar mai mult. Menținerea polenului la rece îi stimulează germinația dar îi scade capacitatea de fecundație. O acțiune contrară o are temperatura ridicată.

Polenul își păstrează capacitatea de fecundare un timp variabil, după specia de plantă de la care provine. Astfel, la polenul de crin aceasta se menține la 140 de zile, la polenul de lealea 37—108 zile, la alun 40—65 de zile, la măr și păr 70—210 zile, la cireș și vișin 30—100 de zile. Este foarte redusă viabilitatea polenului de graminee: 2 zile la orz, 12 ore pînă la 2 zile la secară, 1 pînă la 2 zile la porumb.

Polenul poate fi făcut să germineze și pe cale artificială, punîndu-l într-un mediu de germinare, ca, de exemplu, soluție de zahăr cu puțin agar-agar și urme de acid boric.

Viabilitatea stigmatului este mult mai redusă decît a polenului, 3—4 zile pînă la maximum 16 zile. El este foarte sensibil la temperaturi scăzute și pierie la $-1,5^{\circ}\text{C}$.

2. GERMINAȚIA POLENULUI ȘI CREȘTEREA TUBULUI POLINIC

Ajuns pe stigmat, grăunciorul de polen este reținut de papilele acestuia și de un lichid mai mult sau mai puțin vîscos care le acoperă. La această prindere contribuie și ridicăturile sau șanțurile exinei. După un timp foarte scurt polenul germinează, pe baza unui fenomen de osmoză: fiind bogat în substanțe cu mare putere osmotică, el absoarbe apa din lichidul stigmatic, turgescența lui crește și exina, fiind rigidă, crapă la nivelul unui șanț sau al unui por. Prin această ruptură, conținutul viu al polenului, mărginit de membrana intinei, iese afară sub forma unui tub cilindric numit *tub polinic* (fig. 458). Acesta crește foarte repede, la început pe seama rezervelor nutritive depozitate în polen în timpul formării lui, mai tîrziu pe seama acelor pe care le absoarbe din țesuturile stigmatului și stilului. Rolul substanțelor secretate de stigmat în creșterea tubului explică și cauza pentru care polenul germinează numai pe stigmatul aceleiași specii. La

unele plante cu polenizare încrucișată numite „autosterile” polenul nu germinază pe stigmatul aceluiași individ, deoarece acesta din urmă secretă substanțe care inhibă creșterea tubului polinic (peri, meri, multe graminee, multe leguminoase etc.).

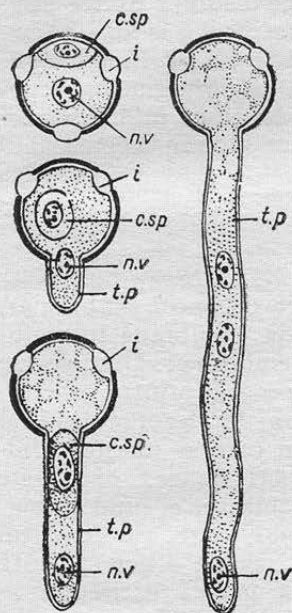
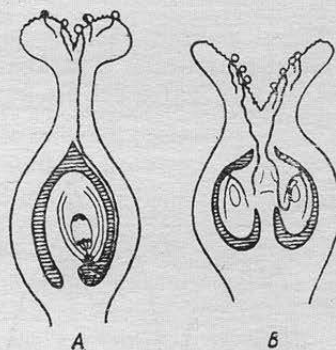


Fig. 458. Fazele succesive ale formării tubului polinic :
c.sp — celula spermatogenă; n. v — nucleul vegetativ; i — intina;
t.p — tub polinic (după Grințescu).

Fig. 459. Porogamie la compozee (A)
și șalazogamie la mesteacăn (B)
(după Guilliermond).



Formarea și creșterea tubului polinic este influențată de temperatură (frigul are o acțiune negativă) și de ploi, care spală stigmatul de lichidul său și fac să plesnească grăuncioarele de polen, împiedicând fecundația.

În tubul polinic intră mai întâi celula vegetativă, apoi și cea generativă. Aceasta din urmă, în multe cazuri, se divide și dă cei doi gameți bărbatești încă înainte de germinația polenului. Fie că sînt născuți mai înainte, fie că se nasc cu acest prilej, gameții bărbatești se deplasează — cu ajutorul curenților protoplasmatici foarte activi în acest timp — spre mijlocul și mai apoi spre vîrfurile tubului polinic, de unde nucleul vegetativ dispăre.

Tubul polinic crescînd se înfige între papilele stigmatului, pătrunde în stil, și străbate țesutul conducător al acestuia, ale cărui celule sînt mai mult sau mai puțin gelificate și nu opun nici o rezistență înaintării tubului, ba încă îi furnizează și substanțe hrănitoare. Ajuns în cavitatea ovariană, tubul polinic străbate țesutul conducător al placentelor și grație unor substanțe din ovul capabile să-i orienteze creșterea — fenomen numit *chimiotropism* —, se îndreaptă spre oosferă.

Timpu care se scurge între ajungerea polenului pe stigmat și germinarea acestuia variază foarte mult, după specia căreia îi aparține : 30 de minute

la cocsagîz, 20 de ore la bumbac, mai multe zile, săptămîni sau chiar ani la alte plante.

În condițiile optime în care se găsesc, tuburile polinice cresc repede și într-o zi, cel mult 4—5 zile (cu unele excepții, ca, de exemplu, orhideele, *Arum* etc. la care crește încet), ele ajung în ovar, urmînd mereu țesutul conducător. Drumul și lungimea tuburilor depinde de distanța dintre stigmat și cavitatea ovarului; el poate fi de la cîțiva milimetri pînă la 20—30 cm.

Pătrundera tubului polinic în ovul se face pe două căi: *prin micropil*, așa cum se întîmplă la majoritatea covârșitoare a angiospermelor, fenomen numit *porogamie* (fig. 459, A), sau *prin șalază*, fenomen numit *șalazogamie*, și care se întîlnește la puține plante, cum sînt alunul, mesteacănul ulmul etc. (fig. 459, B).

3. FECUNDAȚIA PROPRIU-ZISĂ

Tubul polinic pătruns în ovul ajunge în contact cu sacul embrionar, a cărui membrană o străbate și, gelificîndu-și propria membrană în regiunea de vîrf, varsă cei doi gameți bărbățești în sacul embrionar. Unul dintre

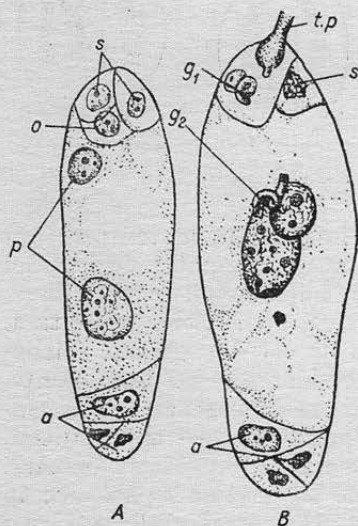


Fig. 460. Dubla fecundație la *Lilium martagon*:

A — sacul embrionar, înaintea fecundației;
B — sacul embrionar în momentul fecundației;
o — oosfera, s — sinergide; p — nuclei polari;
a — antipode; t.p — tubul polinic; g₁ — primul gamet mascul; g₂ — al doilea gamet mascul (după Ullrich).

acești gameți se strecoară printre sinergidele care sînt în curs de dezorganizare și ajunge la oosferă cu care se unește. Unirea celor doi gameți de sex opus este însăși *fecundația*, rezultatul ei fiind formarea oului sau *zigotului*, care va constitui punctul de plecare pentru o nouă plantă (fig. 460). Al doilea gamet bărbătesc se deplasează spre nucleul secundar al sacului embrionar în care se pot distinge nucleii polari constitutivi (fig. 460, B), se unește cu acesta și dă un *al doilea zigot* numit și *zigot accesoriu*. Această a doua fecundație are loc între un gamet haploid și un nucleu care nu este gamet și care era diploid înainte de fecundație. Pentru aceasta unirea lor a fost numită de către Alexandrov și Strasburger „*fecundație vegetativă*”. Zigotul accesoriu, triploid, constituie punctul de plecare pentru formarea unui țesut nutritiv special numit *endosperm secundar* sau *albumen*.

Faptul că la angiosperme ambii gameți bărbățești se unesc cu cîte un element din sacul embrionar a fost descoperit în anul 1898 de către botanistul rus Navașin, la *Lilium*. El a numit acest fenomen *dublă fecundație*.

Un an mai târziu, același fenomen a fost descoperit la cruciferul *Lepidium* de către Guignard, care nu cunoaștea lucrările lui Navașin.

Dubla fecundație este un fenomen absolut general la angiosperme. Importanța ei biologică constă în aceea că endospermul secundar nu se formează decât după fecundație, fără a se cheltui material de prisos pentru cazul când nu se formează embrionul, așa cum se întâmplă la gimnosperme, a căror fecundație este simplă. De asemenea, prin dubla fecundație ia naștere nu numai un ou cu zestre ereditară dublă, maternă și paternă, ci și țesutul cu care se va hrăni viitorul embrion și care are tot origine dublă și caractere mixte. Este posibil — așa după cum afirmă Jukovski — ca acest fapt să reprezinte una din cauzele posibilităților extrem de mari ale angiospermelor de a se adapta la cele mai variate condiții de existență.

Încă înainte de fecundație, sinergidele încep un proces de degenerescență care, de regulă, duce la completa lor dispariție. În mod excepțional se întâmplă ca una din ele să se dezvolte formînd un haustoriu, organ de absorbție al embrionului, sau chiar să dea naștere la un embrion suplimentar.

Antipodele degenerază și ele înainte sau în timpul fecundației. De asemenea, porțiunea de tub polinic pătrunsă în ovul, dispăre prin lichefiere. Dacă în ovul pătrund mai multe tuburi polinice, ele degenerază, dar materia rezultată se poate uni cu celulele diploide ale nucleei, creîndu-i embrionului un mediu nutritiv și mai complex decât endospermul.

Imediat după desăvîrșirea dublei fecundații, cei doi zigoți rezultați încep să se dividă foarte activ, diviziunile oului ducînd la formarea *embrioului* iar cele ale zigotului accesoriu la formarea *albumenului* sau a *endospermului secundar*, țesut care va furniza hrană embrionului. Paralel cu aceste transformări citologice ale zigoților, ovulul și ovarul suferă și ele transformări profunde în urma cărora ovulul se transformă în *sămînță* iar ovarul în *fruct*.

Dezvoltarea embrionului

Imediat după formarea lui, zigotul își formează o membrană celulozică și apoi începe să se dividă de îndată, sau după un repaus mai mult sau mai puțin îndelungat. După întîia lui diviziune rezultă două celule suprapuse: una *apicală*, exterioară, mai aproape de micropil și alta *bazală*, interioară (fig. 461, 2, *a* și *b*). Celula *a*, printr-o serie de diviziuni care au loc numai transversal, va forma un șir de celule suprapuse numit *suspensor* (*s*), care împinge în jos celula *b* și mai târziu poate servi și la hrănirea embrionului. Tot din celula *a* se naște și *hipofiza* (5, *h*) care leagă suspensorul de embrion și care va da o parte din celulele radiclei.

Celula bazală (*b*), după două diviziuni care au loc în planuri perpendiculare, dă un grup de patru celule numite *cvadrant*, care constituie primordiul embrionului (4). Celulele cvadrantului se divid prin pereți tangențiali și se ajunge astfel la un masiv de opt celule, patru externe și patru interne, constituind un *octant* (5). Celulele externe ale octantului vor

forma dermatogenul iar cele interne, după o serie de noi diviziuni prin pereți orizontali și verticali vor forma un masiv celular care se diferențiază într-o zonă internă, originea viitorului plerom și una mijlocie, care va da periblemul. Din globulos cum era, primordiul embrionului devine bilobat, fiecare lob reprezentând începutul unui *cotiledon* (*c*). Între cele două cotile-

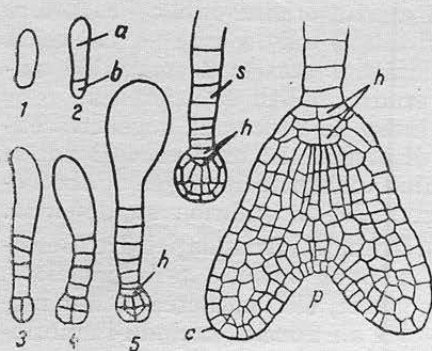


Fig. 461. Dezvoltarea embrionului la *Capsella bursa pastoris*:

s – suspensor; *h* – hipofiza; *c* – cotiledoane;
p – punctul vegetativ; 1 – oul; 2 – primele
două celule (*a*, *b*); 3–4 – primul cvadrant;
5 – primul octant (după Strasburger).

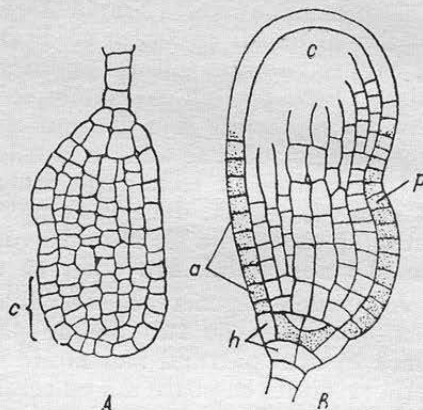


Fig. 462. Embrion de *Alisma plantago* (monocotiledonată):

A, *B* – stadii diferite de dezvoltare; *c* – cotiledon; *a* – axa hipocotilă; *h* – hipofiza,
p – protoderma (după Ullrich).

doane va apărea *virful vegetativ* al viitoarei tulpini (*p*), dedesubtul lui se va forma *tulpinița* și la capătul suspensorului, opus tulpiniței, ultima care apare este *radicula*. Aceasta are totdeauna o origine endogenă sau internă. Suspensorul se resoarbe curînd, iar embrionul trece, succesiv, la forma sa definitivă.

În afară de cazul clasic de la *Capsella*, embriologii au descris și alte moduri de formare a embrionului la dicotiledonate, grupate în șase tipuri. Deosebirea dintre aceste tipuri și tipul *Capsella* privește în primul rînd planul de diviziune al celulei bazale, gradul de participare a acesteia la construirea embrionului, hipofizei și radiclei, uneori și a axei hipocotile. De remarcat că tipul de dezvoltare a embrionului nu este legat de înrudirea filogenetică dintre plantele respective.

La monocotiledonate dezvoltarea embrionului se face într-un alt mod. La aceste plante, cotiledonul unic nu apare ca o expansiune laterală a axei, ci ca o continuare a acesteia (fig. 462, *c*). Virful vegetativ la aceste plante nu apare terminal, ci lateral, la baza cotiledonului, prin proliferarea laturilor viitoarei axe epicotile, așa cum se formează o tulpină adventivă. La graminee, embrionul se află așezat lateral pe albumen și aderă la acesta prin cotiledonul său în formă de scut, numit din această cauză *scutellum*. În

plus, embrionul de graminee are două apendice în formă de tub conic care acoperă radica și mugurașul și care se numesc respectiv *coleoriză* și *coleptil*.

Dezvoltarea endospermului. Imediat după fecundație, fără nici o fază de repaus, și deci înainte de transformarea zigotului în embrion, al doilea zigot, zigotul accesoriu, se divide de numeroase ori și mult mai repede decât oul, așa încît la un moment dat tot sacul embrionar este o pungă plină cu nucleu nedespărțiți prin membrane (fig. 463).

Apoi încep să se formeze pereții despărțitori, începînd de la periferie spre centru, așa încît în cele din urmă întregul endosperm este transformat într-o masă de celule care înconjoară complet embrionul. Acest proces

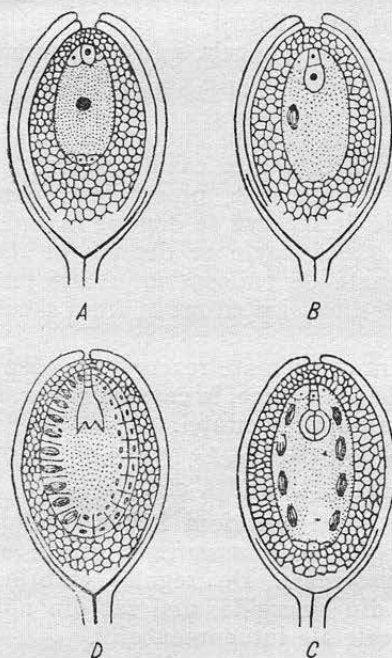


Fig. 463. Schemă rezumînd procesele esențiale ale formării embrionului și endospermului la o sămînță de dicotiledonate:

A — oul matur după fecundație; B, C, D — stadii succesive în formarea embrionului și albumenului (după Guilliermond).

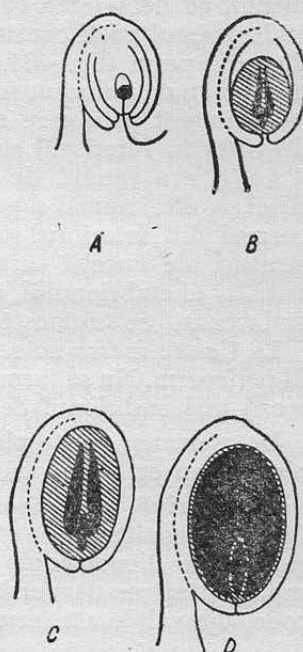


Fig. 464. D—A — diferite stadii în dezvoltarea unei semințe exalbuminate:

embrionul, în negru: endospermul, hașurat (după Guilliermond).

se cunoaște sub numele de *formare liberă a celulelor*, iar endospermul născut pe această cale se numește *endosperm nuclear*, și este foarte răspîndit la monocotiledonate. Dacă diviziunea nucleilor din sacul embrionar este urmată imediat de citochineză, endospermul rezultat se numește *celular*, și este caracteristic pentru gamopetale.

La unele plante, puține la număr, după prima diviziune a nucleului secundar fecundat, întregul sac embrionar se divide în două, prima jumătate urmîndu-și evoluția normală, iar jumătatea inferioară se transformă într-un *haustoriu*, organ care sugerează substanțele hrănitoare din nucelă și le transmite la embrion.

În timp ce se petrec aceste fenomene citologice, albumenul, la început avînd același volum cu sacul embrionar, se mărește considerabil pe seama nucleei, pe care, în cele din urmă, o consumă și-i ocupă locul. Masa de substanțe nutritive luată de la nucelă sau provenind din seva elaborată adusă la ovul prin tuburile ciuruite este pusă în rezervă în endosperm, care la un moment dat umple întregul ovul (fig. 464).

Dar embrionul este tot așa de mare consumator de hrană ca și albumenul, cu deosebirea că el se dezvoltă mai lent. Totuși, în cele din urmă, endospermul va fi consumat de embrion, așa cum nucela a fost consumată de endosperm (fig. 464, D). La semințele exalbuminate endospermul este consumat de embrion imediat după formarea lui.

Indiferent prin care mod de formare a luat naștere endospermul, el se dezvoltă în interiorul sacului embrionar și acesta este cazul general.

La cîteva familii de plante, cum sînt nimfeaceele, piperaceele, cariofilaceele etc., numai o parte din substanțele de rezervă se depune în endospermul din interiorul sacului embrionar; o altă parte se depune în acele straturi ale nucleei care n-au fost consumate de endosperm. Acest țesut nutritiv al embrionului, rezultat din celulele nucleei și situat în afara sacului embrionar, se numește *perisperm*.

La *Canna indica* nu se dezvoltă endospermul, ci toate rezervele se depun în perisperm. Nu se formează endosperm nici la orhidee, la care nu se organizează nici embrionul decît în timpul germinației seminței.

De asemenea, multe plante parazite, cum sînt *Orobanche*, *Cuscuta*, *Rafflesia* etc. au embrion nediferențiat în rădăciniță, tulpiniță etc.

Dimpotrivă, alte plante pot avea mai mulți embrioni într-o sămînță. Așa sînt coniferele, *Tulipa*, *Erythronium* și *Ulmus americana* dintre angiosperme. Fenomenul se numește *poliembrionie*. De regulă, embrionii suplimentari se dezvoltă fără fecundație, din sinergide, mai rar din antipode, din celule ale nucleei sau chiar din cele ale integumentului.

Comparație între gimnosperme și angiosperme din punctul de vedere al reproducerii

Din punctul de vedere al reproducerii, angiospermele sînt mult superioare gimnospermelor. Principalele lor caractere de superioritate sînt următoarele:

1. Carpelele lor se unesc și formează o cameră închisă-*ovarul*-care în urma fecundației va deveni *fruct* și va închide în interior semințele.
2. Generația gametofitică este și mai redusă decît la gimnosperme; polenul nu mai are celule protaliene, iar ovulul nu mai are arhegon. Game-

tofitul bărbătesc, reprezentat prin polen, s-a redus la numai două celule; cel femeiesc, reprezentat prin sacul embrionar, s-a redus la șapte celule.

3. Fecundația la angiosperme este *dublă*, la gimnosperme este simplă.

4. Ca urmare a dublei fecundații, endospermul angiospermelor este secundar, triploid, pe cînd al gimnospermelor este primar și haploid. Cele două țesuturi sînt deci analoge, ambele servind la hrănirea embrionului, dar nu sînt omologe, ele avînd origini diferite.

5. Prezența învelișurilor florale colorate la majoritatea angiospermelor a dus la entomofilie, pe cînd gimnospermele sînt aproape toate anemofile.

E. SĂMINȚA ANGIOSPERMELOR

Apariția embrionului și endospermului în ovul, ca urmare a dublei fecundații, cauzează schimbări profunde în floare: caliciul și corola se usucă și cad, staminele le urmează, producerea de nectar se oprește, stigmatul și stilul care au servit la polenizare se usucă.

În opoziție cu aceste schimbări, organele care servesc la protecția embrionului se dezvoltă și cresc: ovulul se transformă în sămînță și ovarul în fruct. Aceste organe își măresc diametrul de zeci și sute de ori, își sporesc greutatea pînă la de 1 000 de ori și mai mult; este nevoie de un mare aflux de sevă elaborată și de substanțe plastice în regiunea florală; de asemenea, este nevoie de apă și pierderea acesteia se evită prin cutinizarea integumentului și suberificări parțiale care au loc în regiunea șalazei. Debitul de hrană pe care-l pot asigura fasciculele este insuficient; se nasc atunci haustori, organe de absorbție speciale și cu o durată limitată, care absorb hrană din nucelă și din celulele integumentelor și o pun la dispoziția embrionului. Creșterea embrionului, și chiar a organelor dinafara acestuia (ovul, ovar) nu se realizează numai pe seama celulelor existente, ci au loc apariții de noi celule prin diviziune.

Toate aceste schimbări profunde duc la transformarea fostului ovul într-o sămînță, organ purtător al unei noi plante înzestrată cu rezerve nutritive și învelită în țesuturi de apărare, *embrionul*, capabil să fie răspîndit departe de planta-mamă, să ducă o viață latentă pînă ce va ajunge în condiții de germinare favorabile, cînd va reproduce un nou individ.

Morfologia și structura semințel

Forma și mărimea semințelor de angiosperme sînt foarte variate la diferitele specii de plante. Astfel, referindu-ne la *mărime* (fig. 465), întîlnim semințe abia vizibile cu ochiul liber, cum sînt cele de orhidee, semințe cu dimensiuni de 2—3 mm, cît niște firicele de praf, ca la mac, tutun, semințe mari ca cele de nuc, castan sălbatic, nuca de cocos etc. Cele mai mari semințe se întîlnesc la palmierul *Lodoicea seycellarum*, ce pot cîntări peste 1 kg.

Numărul semințelor dintr-un fruct, de asemenea, variază foarte mult. Gramineele, compozele, multe apetele (alun, stejar, fag etc.) au o singură sămânță; mărul, para, de regulă zece, cucurbitaceele au zeci și sute de semințe, iar orhideele mai multe mii de semințe.

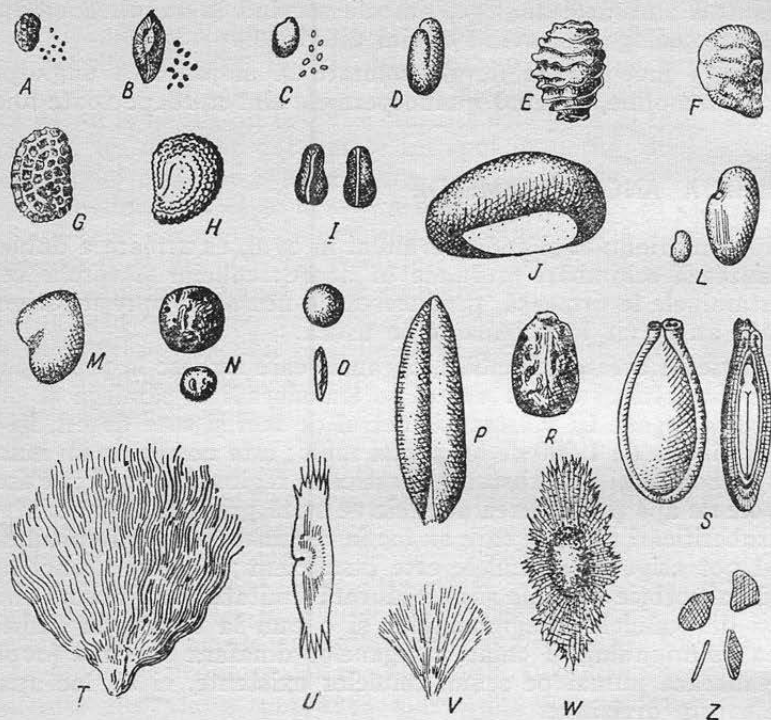


Fig. 465. Forma și mărimea semințelor:

A — de *Orobanch*; B — de *Plantago major*; C — de *Nasturtium officinale*; D — de traista-ciobanului; E — de nemțisor; F — de iedără; G — de tutun; H — de neghină; I — de vișă-de-vie; J — de castan sălbatic; L — de lucernă; M — de trifoi; N — de mazărice; O — de linte; P — de curmal; R — de ricin; S — de dovleac; T — de bum-bac; U — de *Bignonia*; V — de plop; W — de *Cinchona*; Z — de lalea (după Grințescu).

Părțile seminței mature sînt: *tegumentul seminal* provenind din integumentul ovulului și o *parte vie*, alcătuită fie din *embrion* și *țesutul cu rezerve nutritive* destinate embrionului (*albumun* sau *perisperm*), fie numai din embrion.

1. **Tegumentul seminal** este țesutul care învelește și apără sămînța. Impermeabilitatea lui se opune schimburilor dintre sămînță și mediul exterior și-i permite acesteia, al cărei metabolism intern este foarte mult încetinit prin deshidratarea pe care sămînța a suferit-o cu ocazia coacerii, să-și păstreze timp îndelungat embrionul în stare vie și deci să fie capabilă să germineze.

Tegumentul seminal provine din transformarea integumentului extern sau a integumentului unic al ovulului.

Pe suprafața tegumentului seminal se pot observa anumite formațiuni, dintre care amintim: hilul, micropilul, rafeul și anexele cărnoase ale acestuia.

Hilul este cicatricea, de regulă altfel colorată decât restul tegumentului seminal, care a rămas în urma ruperii seminței de funicul. La fasole hilul are o formă de butonieră, la castana sălbatică apare ca o pată mare, albă (fig. 466).

Micropilul, cu toate că după fecundație își tot apropie marginile pînă se închide complet, rămîne totuși vizibil pe tegumentul seminal, sub forma unei ridicături avînd un por în mijloc (*m*, fig. 466). Micropilul constituie zona de slabă rezistență a tegumentului, pe care o sparge radícula în timpul încolțirii. La semințele provenite din ovule ortotrope, hilul este opus micropilului; la cele provenite din ovule anatropo și campilotrope, care sînt în majoritate la angiosperme, micropilul se află în apropierea hilului.

Rafeul este o proeminență a tegumentului seminal, care se întinde de la hil pînă la șalază și care apare numai la semințele provenite din ovulele anatropo (ricin, mazăre etc.).

Anexele cărnoase ale tegumentului seminal provin din înmugurirea acestuia. Ele iau naștere la nivelul micropilului sau la nivelul hilului și

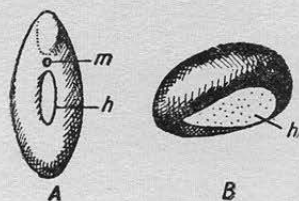
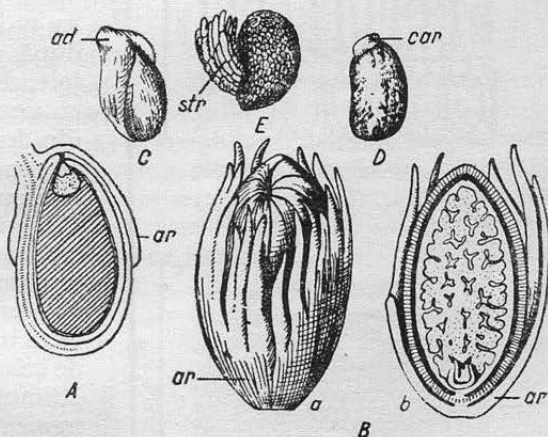


Fig. 466. Semințe de fasole (A) și de castan sălbatic (B):
m — micropil; *h* — hil (după Grințescu).

Fig. 467. Anexele tegumentului seminal:

A — sămință de nufăr; B — sămință de nucsoară; *a* — întreagă; *b* — secțiune longitudinală; C — sămință de salbă moale; D — sămință de ricin; E — sămință de iarbă-de-negri; *ar* — arilus; *ad* — arilod; *car* — caruncul; *str* — strofila (după Baillon).



servesc la răspîndirea semințelor de către furnici, păsări sau alte animale. Există patru anexe cărnoase la semințe: *arilul*, *carunculul*, *arilodul* și *strofiola* (fig. 467).

Arilul este o expansiune cărnoasă care începe în regiunea hilului și se întinde ca o cupă în jurul seminței, pe care o poate înveli parțial (nufăr,

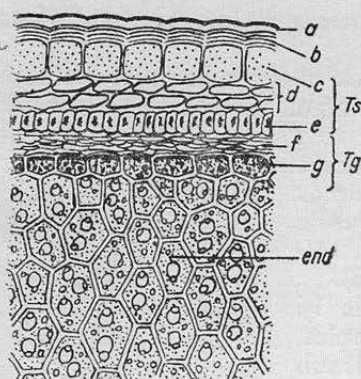


Fig. 468. Structura tegumentului seminal la in:

a — cuticula; b — membrana externă a celulelor epidermice cu pături suprapuse de mucilagiu; c — lumenul celulelor epidermice; d — straturi parenchimice ale testei; e — stratul de celule sclerificate al testei; Ts — testa; f — straturi strivite ale tegmenului; g — stratul cu pigmenți al tegmenului; Tg — tegmen; end — endosperm (după Ullrich)

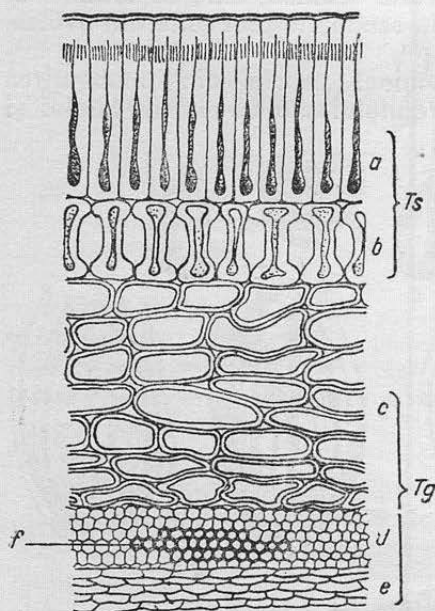


Fig. 469. Structura tegumentului seminal la bob:

a — celule epidermice sclerificate dispuse în palisadă; b — celule în formă de mosor; Ts — testa; c, d, e — straturile tegmenului (Tg); f — fascicul libero-lemnos (după Grințescu).

tisă) sau total, ca la nucșoară, *Myristica fragrans*, unde acesta este aromat și se întrebuințează drept condiment.

Carunculul este o proeminență cărnoasă limitată la regiunea micropilului, pe care-l astupă. Se găsește numai la semințele euforbiaceelor, de exemplu la ricin.

Arilodul are aceeași origine ca și carunculul, cu deosebire că el nu rămâne limitat la micropil, ci se întinde învelind întreaga sămânță, ca la salba-moale, unde are culoare roșie.

Strofiola este o expansiune cărnoasă a rafeului, care se întâlnește la semințele de iarbă-de-negri.

Suprafața tegumentului seminal poate fi netedă, ca la fasole, mază etc., reticulată, ca la tutun (v. fig. 465), cu aripi membranoase, ca la *Bignonia*, cu peri care o acopăr în întregime ca la bumbac, sau se formează numai la vârful seminței, ca la salcie sau plop etc.

Structura tegumentului seminal variază foarte mult, după plantele care au produs semințele. Fructele dehiscente au semințe cu un tegument mai gros decât al celor din fructele indehiscente. Totdeauna tegumentul seminal este format din mai multe straturi de celule suprapuse. Uneori, aceste straturi se diferențiază în două țesuturi distincte: unul exterior, rezistent, format din celule cu pereții îngroșați și lignificați, și altul intern, moale, format din straturi de celule cu pereții subțiri și celulozici. Primul țesut se numește *testa*, al doilea *tegmen* și semințele la care se disting ambele țesuturi se numesc *bitegminate* (fasole, in, ricin etc.). La alte semințe (ranunculacee, plante gamopetale etc.) nu se poate observa o diferențiere a tegumentului în testa și tegmen; astfel de semințe se numesc *unitegminate*.

Pentru ilustrarea diversității de structuri pe care le pot prezenta tegumentele seminale, vom descrie în cele ce urmează câteva tipuri.

— La semințele de in (*Linum usitatissimum*) tegumentul seminal are următoarea structură (fig. 468): o epidermă puternic cutinizată, cu celule avînd în membrana externă plăci suprapuse de mucilagiu și cu un lumen restrîns. Urmează câteva straturi de celule parenchimatoase (*d*) și dedesubtul lor un strat de celule sclerificate (*e*). Straturile acestea (*d + e*) alcătuiesc testa. Tegmenul începe cu o serie de straturi strivite (*f*) și un strat cu pigmenți (*g*). Interiorul seminței este plin cu endosperm (*e*), în care stă îngropat embrionul.

— La bob (*Vicia faba*) (fig. 469) tegumentul seminal are următoarea structură: epiderma (*a*) formată dintr-un strat de celule lungi, sclerificate și aranjate în palisadă, sub care se află un alt strat de celule în formă de mosor (*b*), cu care se încheie testa. Tegmenul cuprinde mai multe straturi de celule moi, de forme și mărimi variate (*c, d, e*), unele mai profunde, adăpostind și ramuri subțiri ale fasciculelor conducătoare (*f*).

— La neghină (fig. 470, *A*), tutun și la alte plante testa este formată dintr-un singur strat de celule cu forme deosebite (*a*), iar tegmenul din mai multe straturi (*b*). La alte semințe, ca de exemplu la cele de pătlăgînă (fig. 470 *B*) și de la multe compozee, deși tegmentul seminal are numeroase straturi, toate acestea sînt formate din celule moi și nu se poate face o distincție între testa și tegmen.

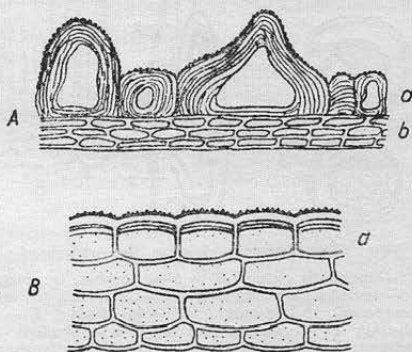
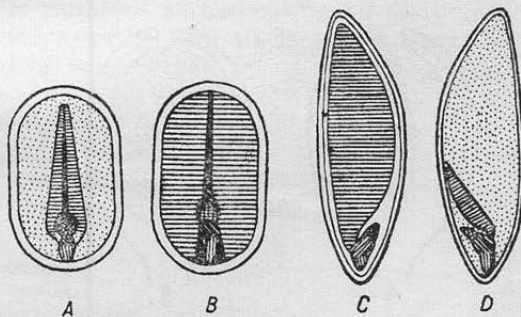


Fig. 470. Structura tegumentului seminal la neghină (*A*) și a celui de pătlăgînă (*B*):

a — testa; *b* — tegmen (după Grințescu).

2. **Embrionul** este partea esențială a seminței, el reprezentînd însăși viitoarea plantă, avînd toate organele esențiale ale acesteia în miniatură: o *radiculă* sau rădăciniță, o *tulpiniță* reprezentată prin axa hipocotilă, un *muguraș*, numit *gemula* sau *plumula* și primele organe de natură foliară, reprezentate prin unul sau două *cotiledoane* (fig. 471). Toate aceste organe

Fig. 471. Alcătuirea seminței:
A — sămîntă albuminată de dicotiledonate;
B — sămîntă exalbuminată de dicotiledonate;
C — sămîntă exalbuminată de monocotiledonate;
D — sămîntă albuminată de monocotiledonate (după Guillaiermond).



ale embrionului sînt formate din țesuturi meristematice, nediferențiate, ci cel mult aranjate sub formă de foițe histogene concentrice: dermatogen, periblem și plerom.

Radicula este așezată totdeauna în apropierea micropilului, pe unde va ieși în timpul germinației. Baza ei se confundă cu cea a tulpiniței. Mugurașul este situat între două cotiledoane la dicotiledonate sau la baza cotiledonului unic la monocotiledonate.

El este alcătuit din celulele inițiale și cele dintii primordii de frunze, formate încă numai din meristem. Cotiledoanele, cînd sînt două, sînt așezate față în față, fiind lamelare, subțiri și cu marginile întregi la semințele cu endosperm, groase și cărnoase la cele fără endosperm. O mențiune specială merită cotiledonul unic de cereale, în formă de scut (fig. 472. *F*), cu rolul de a absorbi substanțele hrănitoare din endosperm și de a le ceda embrionului.

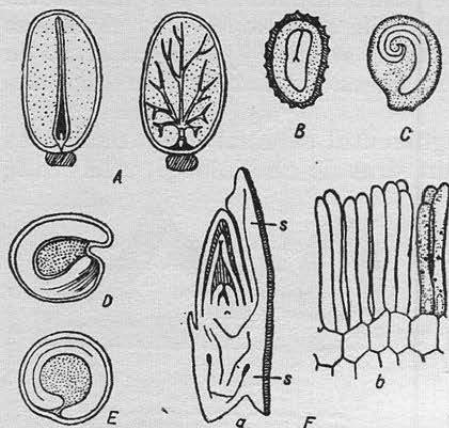


Fig. 472. Diferite forme de embrioni:

A — drept, la ricin; *B* — ușor curbat, la tutun; *C* — spiralat, la cartof; *D-E* — în formă de cerc, înconjurînd endospermul (*D* — la sfeclă; *E* — la lobodă); *F* — embrion de orz; *a* — sămință în secțiune; *s* — scutellum; *b* — papilele absorbante ale scutellumului (după Grințescu și Huber).

Forma embrionului (fig. 472) este și ea foarte variabilă. Embrionul poate fi *drept*, ca la ricin (*A*), *curbat* ca la tutun (*B*), *spiralat* ca la cartof (*C*), *arcuat* sau chiar în formă de cerc care înconjoară endospermul (*D*, *E*),

ca la plantele centrosperme (sfecla, loboda etc.), sau cu cotiledonul în formă de scut (*F*), cu rol sugător și cu strat absorbant (*F*, *b*), ca la grâu.

3. Endospermul și perispermul (cînd există) constituie țesutul de rezervă din care se va hrăni embrionul în timpul germinației seminței.

După cum au sau nu au un țesut de depozitare special, situat în afara embrionului, semințele angiospermelor sînt de două categorii: *albuminate* și *exalbuminate* (fig. 473).

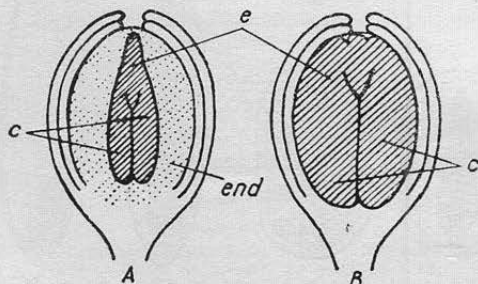


Fig. 473. Schema unei semințe albuminate (*A*) și a uneia exalbuminate (*B*):

e — embrion; *end* — endosperm; *c* — cotiledoane (după Grințescu).

Semințele *albuminate* sînt înzestrate cu un țesut de depozitare special, situat în afara embrionului. Acest țesut poate fi *albumenul* sau *endospermul*, țesut triploid provenit din zigotul accesoriu, sau poate fi *perispermul*, straturi ale nuclei rămase nedigerate de albumen în decursul embriogenezei, în care s-au înmagazinat substanțe de rezervă. Semințele albuminate pot fi de trei categorii, și anume: 1) semințe *numai cu endosperm*, așa cum sînt semințele celor mai multe angiosperme (graminee, euforbiacee, centrosperme etc. — v. fig. 471 și 472), 2) semințe *cu endosperm și perisperm*, așa cum sînt semințele de nufăr, piper (fig. 474), garoafe etc. și 3) semințe *numai cu perisperm*, așa cum sînt cele de *Canna indica*.

După natura chimică a rezervelor din endosperm, acesta poate aparține la patru tipuri: *amilaceu*, *oleaginos*, *aleuronic* și *cornos*, după cum are ca materie de rezervă *amidonul* (ca la semințele de graminee), *grăsimi* sub formă de picături fine (ca la semințele de ricin, în, muștar etc.), *grăuncioare de aleuronă* (ca la semințele multor leguminoase și umbelifere) sau *hemiceluloze*, cum este cazul semințelor de curmal.

Această împărțire în tipuri este convențională, deoarece, de obicei, în aceeași sămîntă se găsesc mai multe categorii de materii de rezervă. Termenii respectivi arată doar substanțele care predomină în endosperm.

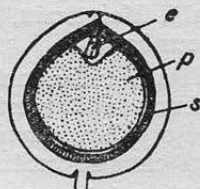


Fig. 474. Fructul (și sămînta) de piper în secțiune longitudinală:

e — embrion; p — perisperm; s — tegument seminal (după H u b e r).

Dezvoltarea semințelor și a fructelor, fără fecundație

În mod normal sămînta nu conține decît un embrion, născut din oosfera fecundată. Se cunosc însă destule cazuri de formare a embrionului fără fecundație. Acestea sînt cazuri de „*degradare*” a *sexualității*. Embrionii apar din elemente nefecundate ale sacului embrionar, a celulelor nuclei sau chiar a integumentelor, deci a unor celule situate în afara sacului embrionar.

Fenomenul dezvoltării embrionului fără să fi avut loc o fecundație prealabilă poartă numele de **apomixie**¹ ceea ce înseamnă neamestecul substanțelor celor doi gameți, amestec, care se numește *amfimixie*². Amfimixia este rezultatul dublei fecundații la angiosperme și este un fenomen general, în timp ce apomixia este fenomenul opus ei, și aceasta se întîlnește mult mai rar.

La rîndul său, a p o m i x i a prezintă trei variante:

a) *Partenogeneza*³, prin care se înțelege dezvoltarea embrionului din oosfera nefecundată, fie că aceasta este haploidă, fie că este diploidă; se întîlnește mai ales la compozee ca *Hieracium*, *Taraxacum* etc.

¹ De la grec. apo = fără și myxis = amestec.

² De la grec. amphi = ambii și myxis = amestec.

³ De la grec. parthenos = fecioară și genesis = naștere.

b) *Apogamia*¹ este fenomenul prin care embrionul se dezvoltă nu din oosferă, ci din sinergide sau antipode; se întâlnește la *Plantago lanceolata*, *Allium odorum* etc.

c) *Aposporia*² este fenomenul prin care se înțelege dispariția macrosporogenezei; sacul embrionar ia naștere în acest caz dintr-o celulă vegetativă a nucleei sau a integumentului, celulă care n-a suferit diviziune redukțională. Mai târziu, din această celulă diploidă se dezvoltă un embrion fără fecundație.

Dacă embrionul nu se formează în sacul embrionar, ci în afara lui, fenomenul se numește **embrionie adventivă**. În asemenea cazuri poate avea loc o *poliembrionie*, adică într-o sămânță se pot forma 1, 2 sau 3 embrioni, așa cum se întâlnesc la mandarine, lămii, portocale.

Apomixia este larg răspândită în regnul vegetal, mai ales la familiile tinere din punct de vedere evolutiv (compozee, rozacee, graminee), iar în cadrul familiilor „bătrâne” ea apare la genurile capabile să producă intens forme noi.

La multe plante, în lipsa fecundației se dezvoltă și ovarul dând naștere la fructe fără semințe. Acest fenomen poartă numele de *partenocarpie*³, iar fructele fără semințe se numesc *fructe partenocarpe* și se întâlnesc la măr, păr, struguri (stafide), mandarine, lămii, smochine, agrișe etc. Astfel de fructe sînt foarte căutate pentru consum, dar lipsa seminței se răsfrînge ca un caracter negativ asupra dezvoltării calităților fructului. De asemenea, fructele partenocarpe sînt în general mai mici decît cele normale.

În multe cazuri, partenocarpia a devenit un caracter constant, care se transmite ereditar, așa încît în cultură se întâlnesc soiuri de pomi care se înmulțesc prin butășire și marcotaj și care produc numai fructe fără semințe.

În practică se cunoaște o partenocarpie stimulată, în care, pentru a duce la formarea de fructe, este nevoie de a excita stigmatul florii, fie cu polen străin (cum este polenul de măr pe stigmatul de păr, polen de *Ampelopsis* — viță de Canada pe stigmatul viței-de-vie, polen de cartof pe stigmat de roșii etc.), fie prin rănirea sau înțeparea stigmatului sau, mai ales, prin excitarea lui cu substanțe chimice.

Se cunosc peste 40 de substanțe chimice, mai ales produși de substituiri ai acizilor benzoic și fenoxilic, cum sînt: acidul indolilbutiric, acizii naftoxiacetic, fenoxiacetic, fenoxipropionic și derivații lor, cu care, dizolvate în soluții de anumite concentrații, se stropesc florile și se provoacă formarea fructelor partenocarpe.

Același rezultat s-a obținut în cazul căpșunilor, piersicilor, cireșelor, perelor, precum și al roșiilor, lămiiilor etc., aplicînd pe stigmat extras de polen în cloroform, pulbere sau pastă de hormoni, în special auxine și gibereline, în soluții diluate.

¹ De la grec. *apo* = fără și *gamos* = căsătorie.

² De la grec. *apo* = fără și *sporos* = sămînță.

³ De la grec. *parthenos* = fecioară și *karpos* = fruct.

Obținerea de embrioni adventivi se poate provoca cu heteroauxină. Din păcate, aceștia nu sînt viabili, deoarece albumenul nu se dezvoltă și embrionul este lipsit de materiile de rezervă necesare germinației.

F. FRUCTUL. CLASIFICAREA FRUCTELOR

1. GENERALITĂȚI

Prin fruct sau *pericarp*¹ se înțelege pistilul modificat în urma fecundației, pistil al cărui ovar s-a mărit și conține în interior semințele provenite și ele din modificarea ovulelor.

Pereții măriți ai ovarului care formează pericarpul sau fructul, se diferențiază în trei pături în decursul maturității acestuia: una externă numită *epicarp*, una mijlocie, de regulă cea mai dezvoltată, care provine din mezofilul carpelului și se numește *mezocarp* și o pătură internă, de regulă mai subțire și lignificată, care alcătuiește *endocarpul* (fig. 475).

Gradul de dezvoltare, grosimea și consistența celor trei țesuturi ale pericarpului variază și servesc drept unul din criteriile după care se clasifică fructele.

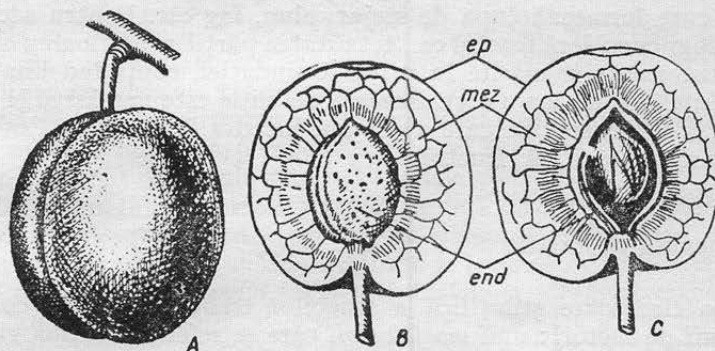


Fig. 475. Structura unei drupe de prun:

A — fruct întreg; B — fruct în secțiune, cu simbul intact; C — fruct cu simbul secționat: *ep* — epicarp; *mez* — mezocarp; *end* — endocarp (după Grințescu).

Formarea fructului este urmarea fecundației ovulelor care vor deveni semințe și spre care se îndreaptă o mare cantitate de hrană. Are loc însă și o acțiune hormonală directă pe care ovulele o exercită asupra ovarului, determinând creșterea acestuia. Hormonii implicați aparțin grupelor de gibereline, kinine și auxine. Faptul a putut fi dovedit experimental de către

¹ De la grec. *peri* = în jur și *karpos* = fruct.

Nitsch (1964), asupra receptaculului de căpșuni. Extirpînd tinerele achene de pe anumite porțiuni de receptacul, Nitsch a obținut forme foarte curioase de căpșuni, datorită faptului că zonele fără achene n-au mai crescut (fig. 476). O parte din hrană va fi consumată de peretele ovarului care se transformă și se mărește. De la această regulă fac excepție fructele partenocarpice, care se dezvoltă fără fecundație.

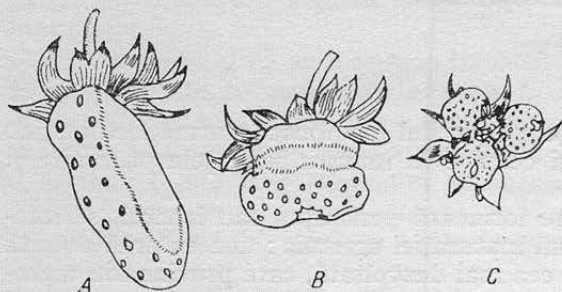


Fig. 476. Determinismul hormonal al dezvoltării fructelor:

A — căpșuna de pe receptaculul căreia s-au ridicat achenele precoce dintr-o jumătate longitudinală; B — achenele s-au ridicat pe de o zonă transversală de la baza receptaculului; C — căpșună pe receptaculul căreia au fost lăsate numai 3 carpele (după Nitsch, din Champagnat și colab., 1969).

De asemenea, în general, ovarul singur formează fructul. La formarea foarte multor fructe însă iau parte și alte părți ale pistilului, ca: *stilul* (la *Clematis*), *stigmatul* (la mac), *receptaculul* (la căpșuni, smochine), *învelișurile florale* concrescute și cu ovarul (măr, păr, gutui), *caliciul* (la *Physalis*), hipsofilele care formează cupa de stejar, alun, fag etc. Pentru acest motiv unii morfologi consideră fructul ca „totalitatea părților din floarea angiospermelor, transformate și mărite în urma fecundației, conținând una sau mai multe semințe” (K u r s a n o v). Această definiție este mai largă și cuprinde o bună parte din excepțiile care nu se pot încadra în definiția „ovar transformat” care se mai dă fructului.

2. CLASIFICAREA FRUCTELOR

Pentru o clasificare științifică a fructelor trebuie luate în considerare trei categorii de factori: unii *morfologici*, care se referă la forma gineceului, numărul și felul carpelelor, consistența pericarpului etc.; alții *biologici*, care reflectă modul cum fructul protejează semințele și cum le împrășteie după ce s-au copt și alții *genetici*, care să oglindească dezvoltarea ontogenetică și evoluția filogenetică a fructelor. Un sistem de clasificare care să țină seama de toate aceste criterii și să fie unanim acceptat de morfologi încă nu există.

Toate sistemele de clasificare a fructelor — care variază de la un autor la altul și de la un tratat la celălalt — sînt mai mult sau mai puțin *artificiale*. Ele nici nu pot fi altfel, deoarece nu se poate cuprinde în cadrul rigid al unei clasificări infinita diversitate de forme întîlnite în natură, cu nenumărate treceri gradate de la una la alta, forme și treceri care de cele mai multe ori sînt rezultatul unei adaptări înaintate.

Dacă de multe ori un anumit tip de fruct este caracteristic pentru o familie, cum este cariopsa pentru graminee, păstaia pentru leguminoase, silicva pentru crucifere etc., există și familii ai căror reprezentanți prezintă variate forme de fructe. Așa este familia *Rubiaceae*, cu gineceu inferior format din două carpele sudate, care formează uneori bace, alteori drupe (cafeaua), achene sau capsule (*Asperula*, *Galium*, *Cinchona* etc.). Fiecare dintre aceste fructe exprimă adaptarea secundară la un anumit mod de dispersare a semințelor.

Ținând seama de numărul florilor din care iau naștere fructele, de felul gineceului, precum și de alte părți ale florii care eventual participă la formarea fructelor, acestea pot fi clasificate în trei mari categorii, și anume: 1) fructe care provin dintr-o singură floare; 2) fructe care provin dintr-o inflorescență și 3) fructe la formarea cărora, alături de gineceu, participă și alte părți ale florii.

Toate felurile de fructe, după cum au pericarp cărnos sau uscat, se împart în fructe cărnoase și fructe uscate, iar după cum se deschid sau nu la maturitate, ele pot fi fructe dehiscente sau fructe indehiscente.

În cele ce urmează vom descrie fructele ținând seamă de cele trei criterii enumerate mai înainte.

a. Fructele care provin dintr-o singură floare

Fructele care provin dintr-o singură floare pot fi simple, dacă provin dintr-un gineceu unilocular sau polilocular-cenocarp, și multiple, dacă provin dintr-un gineceu polilocular-apocarp.

1. **Fructele simple cărnoase** se caracterizează prin pereți moi și cărnoși, având la exterior un epicarp subțire, cutinizat sau cerificat, sub el un mezocarp cărnos format din celule mari, cu vacuole pline cu un suc celular bogat în glucide, străbătut de o rețea extrem de fină de fascicule libero-lemnoase și putând fi colorat de antociani (ca la strugurii roșii, mere, agrișe etc.) sau de cromoplaste (ca la măceș, roșii etc.). Înainte de maturitate, fructele cărnoase conțin *acizi organici* (ca acidul tartric la struguri, malic la poame, citric la lămâi și portocale), și *taninuri*, substanțe care le fac acre și astringente; la maturitate, acestea se resorb sau se prefac în zaharuri și gustul fructelor devine dulce. Fructele cărnoase, mălăiețe sau pășătoase suferă un proces de macerație naturală și celulele mezocarcului lor se disociază la maturitate.

După cum întregul pericarp este cărnos sau numai o parte din el, fructele cărnoase se împart în două categorii principale: bace sau boabe și drupe.

Baca este fructul cărnos care corespunde descrierii pe care am dat-o mai sus pentru fructele cărnoase. De regulă, ea conține mai multe semințe, dar la curmal numai una. Bace tipice sînt: boaba de strugure, agrișele, afinele, roșiile, strugurașii, fructul de mătrăgună etc. (fig. 477).

Fructele baciforme, deși asemănătoare cu bacele în general, se deosebesc totuși de acestea prin anumite caractere.

Astfel, fructele cucurbitaceelor, numite *peponide* (dovleci, castraveți, pepeni) (fig. 478, *B*) au un epicarp mai tare, iar la formarea pulpei cărnoase iau parte, pe lângă mezocarp, placentele și pereții lojelor ovarului.

La citrice (lămii, portocale, mandarine etc.) epicarpul este colorat, moale și conține „buzunare secretoare” cu uleiuri eterice; mezocarpul este uscat și alb, iar endocarpul provine din niște peri care căpșesc cavitatea ovariană. Astfel de fructe se numesc *hesperide* (fig. 478, *A*).

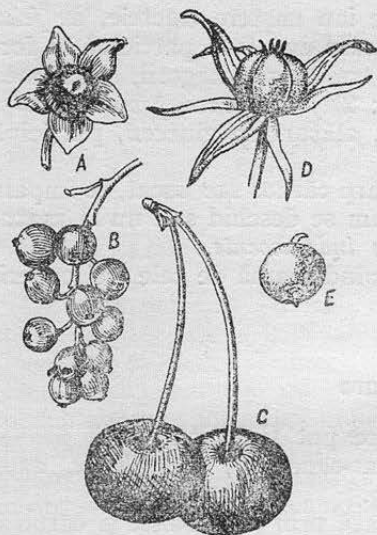


Fig. 477. Tipuri de bace și drupe:

A — bacă de mătrăgună; *B* — bacă de struguri; *C* — drupe de cireș; *D* — bacă de *Paris quadrifolia*; *E* — bacă de afine (după Ullrich).

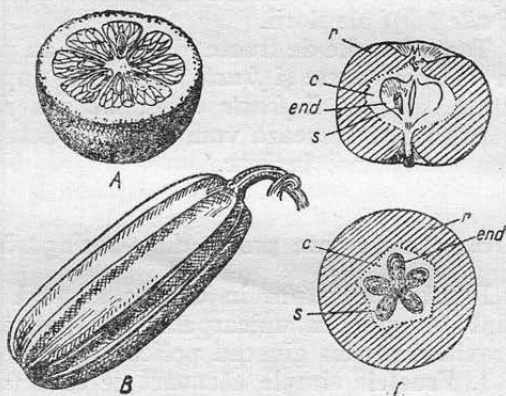


Fig. 478. Fructe baciforme:

A — hesperidă la lămii; *B* — peponidă la cucurbitacee; *C* — mărul în secțiune: *r* — receptacul; *c* — carpele; *end* — endocarp; *s* — semințe (după Grințescu).

Merele, perele, gutuile și moșmoanele sînt „fructe false”, baciforme. Ele au o bună parte cărnoasă provenită din baza învelișurilor florale și a androceului, concrescute în parte cu receptaculul, și numai o mică parte din mezocarp provine din carpele. Endocarpul lor este membranos și coriaceu.

Drupe este un fruct al cărui mezocarp este, de regulă, cărnos (la prune, vișine, caise, piersici, măsline etc.); el poate fi însă și uscat (la nuci, migdale etc.) sau fibros (la nuca de cocos), dar al cărui endocarp este totdeauna lemnos, format din sclereide și alcătuiește *sîmburele* fructului (v. fig. 476).

În general fructele cărnoase sînt indehiscente și ele pun în libertate semințele numai după distrugerea lor. Există însă și capsule cărnoase dehiscente, care fac trecerea de la bace spre capsulele propriu-zise, care sînt fructe uscate. Așa sînt capsulele de castan sălbatic, cele de slăbănog, bacele de plesnitoare etc.

2. Fructele simple uscate se caracterizează prin pericarp tare și uscat, întrucât în el nu se depozitează materii de rezervă, ci acestea se depun în semințe.

După cum se deschid la maturitate sau nu, ele se clasifică în *fructe uscate indehiscente* și *fructe uscate dehiscente*.

Fructele uscate indehiscente au pereții tari sau membranoși; ele nu se deschid la maturitate și conțin o singură sămânță (fig. 479). Aparțin acestei grupe:

Nuca, avînd peretele solid, lemnos și înăuntru sămînța liberă, nelipită de pericarp. Sînt nuci: *aluna*, *ghinda*, *girul* etc. Fructul de tei, mic și prevăzut cu o bractee concrescută în parte cu axa inflorescenței, precum și parțial fructele mici, de boraginacee și labiate, se numesc *nucule* (nuci mici).

Achena are aceleași caractere ca și nuca, cu deosebirea că pereții ei sînt membranoși, ca la cîneapă, floarea-soarelui, fructele compozeele și ciperaceelor etc. De altfel, între nucă și achenă există numeroase forme de trecere.

Samara este o nucă sau o achenă al cărei pericarp a crescut mult, dînd naștere unui apendice în formă de aripă simplă sau dublă. Au fruct samară: ulmul, frasinul, carpenul (achenă samaroidă), arțarul, mesteacănul etc. (fig. 480).

Cariopsa este un fruct uscat indehiscent, cu o singură sămînță, de care se lipește intim și cu care concrește pericarpul pielos sau membranos (de exemplu, fructele de graminee, poligonacee).

Păstaia indehiscentă este o formă mai rară de fruct uscat indehiscent, care se întîlnește la cîteva leguminoase (roșcove, arahide). O varietate de păstaie indehiscentă este *lomenta* (fig. 481) unor leguminoase, avînd un aspect moniliform și care la maturitate se rupe în bucăți, fiecare bucată conținînd cîte o sămînță. Și silicvele unor crucifere pot prezenta un aspect lomentiform (fig. 481, B).

Fructele uscate dehiscente sînt acelea care se deschid la maturitate, eliberînd semințele de regulă prezente în număr mare.

Deschiderea acestor fructe se explică prin distribuția neuniformă în pereții lor a țesuturilor mecanice, avînd celule cu pereții îngroșați și celule cu pereții subțiri. Pierzînd apă datorită uscăciunii aerului, cele două feluri de țesuturi se contractă în mod inegal, și, ca urmare, se rup.

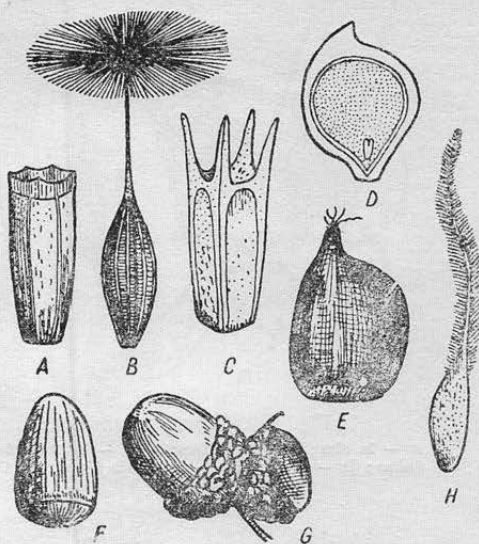


Fig. 479. Tipuri de acheni:

A, B, C — acheni de compozee, cu papus (B) sau cu cili-
guțe (C); D — achenă de piciorul-cocoșului; E — castană
bună; G — ghindă; H — achenă cu stil păros de *Clema-
tis* (după Mascré).

Fructele uscate dehiscente cuprind următoarele categorii: *folicula*, *păstaia*, *silicva* și *capsula*.

Folicula este fructul format dintr-o singură carpelă, care se deschide după o singură linie, și anume după linia de sudură a carpelei, iar semințele se prind de marginile libere ale fiecărei jumătăți de carpelă. Au foliculă

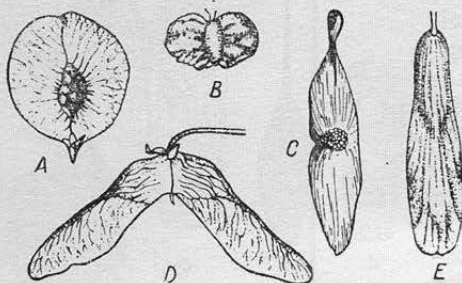


Fig. 480. Tipuri de samare:
A - la ulm; B - la mesteacăn; C - la *Ailanthus glandulosa*; D - la arțar; E - la frasin (după Ullrich).

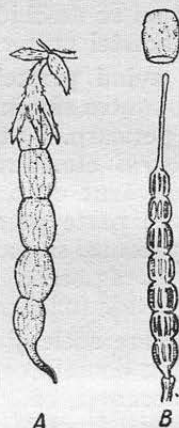


Fig. 481. Lomentă de *Ornithopus sativus* (A) și de *Raphanus raphanistrum* (B) (după Ullrich).

multe ranunculacee (spînz, omag), *Magnolia*, unele apocinacee și asclepiadacee (fig. 482, A). La *Nigella*, mai multe folicule sînt sudate prin bazele lor, făcînd în acest caz trecerea spre capsule.

Păstaia provine tot dintr-un ovar unicarpelar, dar se deschide prin două linii, una reprezentînd linia de sudură a carpelei, iar cea de-a doua linia nervurii mediane. Semințele, mai multe, se prind de-a lungul liniei de sudură a carpelei. La deschidere, cele două jumătăți ale păstăii numite „valve” se pot răsuci brusc, aruncînd semințele (fig. 482, C).

Păstaia este fructul caracteristic al leguminoaselor. La *Sophora* păstaia este lomentacee (fig. 481).

Silicva și *silicula* sînt fructe uscate formate din două carpele concrescute, despărțite între ele printr-un perete fals numit *replum* de care se prind numeroasele semințe. Se deschid după patru linii, cîte două de fiecare parte a liniei de sudură a celor două carpele. Este fructul caracteristic al cruciferelor. *Silicva* este cel puțin de patru ori mai lungă decît lată, pe cînd la *siliculă*, diferența dintre cele două diametre ale fructului este mult mai mică. *Silicula* poate fi *latiseptă*, ca la *Lunaria* (fig. 482, E), sau *angustiseptă*, ca la traista-ciobanului (F), după cum are peretele fals lat sau îngust.

Capsula este cel mai răspîndit tip de fruct uscat dehiscent și toate fructele din această categorie care nu sînt folicule, păstăi sau silicule, sînt capsule.

Capsula este formată din mai multe carpele, conține un mare număr de semințe și se poate deschide: prin *linii longitudinale*, în care caz se numește *capsulă valvică*; prin mai multe *orificii* mici, ca la mac, și atunci se numește *capsulă porică* (fig. 482, H) sau printr-un *căpăcel* ca la *Anagallis*, măsură-lărită etc., când capsula se numește *pixidă* (G).

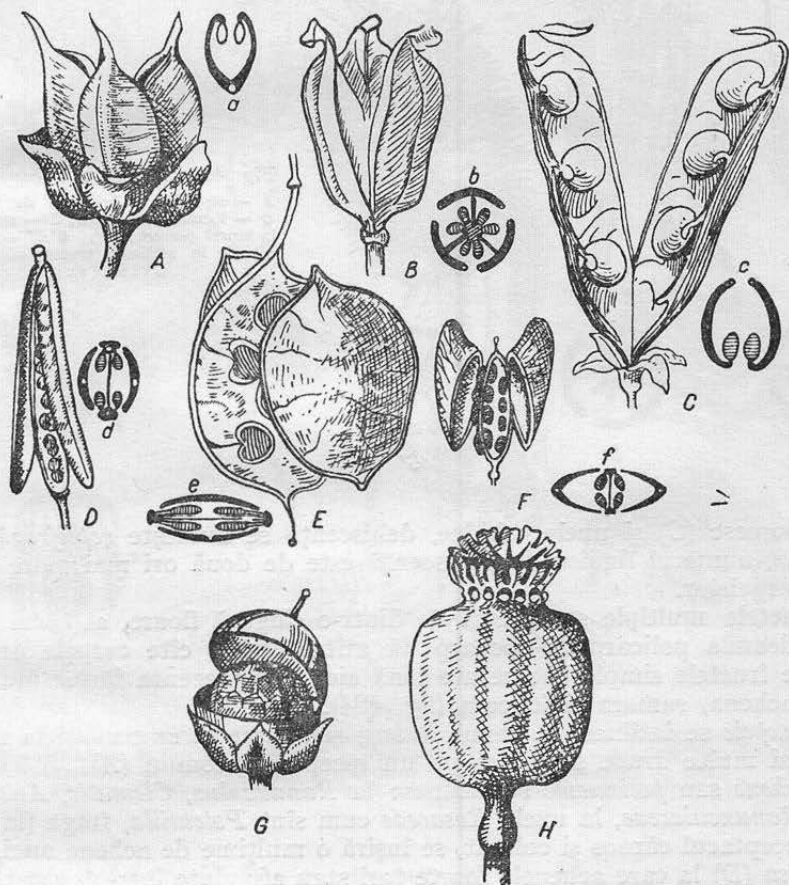


Fig. 482. Fructe uscate dehiscente :

A — foliula de spinz (a — secțiune); B — capsula loculică de lălea (b — secțiune); C — păstaia de mazăre (c — secțiune); D — silicula de micșunele (d — secțiune); E — silicula latiseptă de Lunaria (e — secțiune); F — silicula angustiseptă de traista-ciobanului (f — secțiune); G — pixida de scintciută; H — capsula porică de mac (după Grințescu).

Capsulele valvicide se pot deschide de-a lungul pereților despărțitori dintre loji, ca la bumbac, in, brîndușă-de-toamnă (fig. 483, A) etc.; în acest caz dehiscența lor se numește *septicidă*¹. Atunci când deschiderea se

¹ De la latin. *septum* = perete și *caedere* = a rupe.

face de-a lungul nervurilor mediane ale carpelelor, ca la *Lilium*, *Iris* (B), viorea, *Digitalis* etc. capsula se numește *loculicidă*¹. Dacă deschiderile se fac de o parte și de alta a liniei de sudură a carpelelor, ca la euforbiacee,

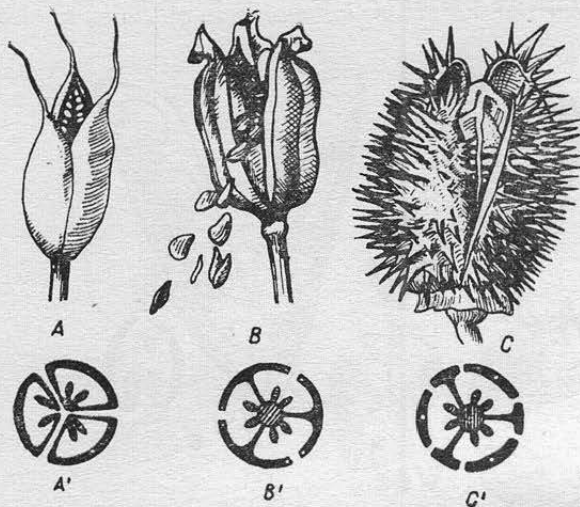


Fig. 483. Dehiscența capsulelor:

A — septicidă, la brîndușa de toamnă;
B — loculicidă, la lealea; C — septifragă,
la laurul porcesc; A', B', C' — aceleași
capsule în secțiune transversală (după
Grințescu).

laurul porcesc (C) și unele orhidee, dehiscența se numește *septifragă*². În acest caz, numărul liniilor de dehiscență este de două ori mai mare decât cel al carpelelor.

3. **Fructele multiple** se nasc și ele dintr-o singură floare, al cărui gineceu totdeauna policarpar-apocarp dă atâtea fructe cîte carpele are.

Dintre fructele simple enumerate pînă aici, pot prezenta forme multiple drupa, achena, samara și folicula (fig. 484).

Polidrupele se întîlnesc la genul *Rubus*, și anume la zmeură și la mure, unde mai multe drupe se inseră pe un receptacul comun (A).

Poliachene sau *polinucule* se întîlnesc la *Ranunculus*, *Clematis*, *Anemone* și alte *Ranunculaceae*, la unele *Rosaceae* cum sînt *Potentilla*, fraga (la care pe un receptacul cărnos și colorat, se înșiră o mulțime de achene mici, gălbui), *Rosa* (D) la care achenelē foarte tari stau afundate într-un receptacul cărnos, roșu, în formă de urnă adîncă etc.

În această categorie de achene multiple intră și cele *schizocarpice* care, deși provin din ovare cenocarpe, după fecundație fiecare lojă se transformă într-o achenă care se separă la maturitate de vecinele sale, constituind un *mericarp*³. Așa sînt *diachenele* umbeliferelor (E), *tetra-achenele* labiatelor și boraginaceelor (F) și *poliachenele* malvaceelor (G).

¹ De la latin. *loculus* = lojă și *caedere* = a rupe.

² De la latin. *septum* = perete și *frangere* = a despică.

³ De la grec. *meros* = parte și *karpos* = fruct.

Disamare se întâlnesc la speciile de arțar (*H*).

Polifolicule au multe *Ranunculaceae*, ca spînzul (*I*), bujorul (*J*), *Nigela*, apoi *Magnolia*, unele *asclepiadacee* și *saxifragacee* etc.

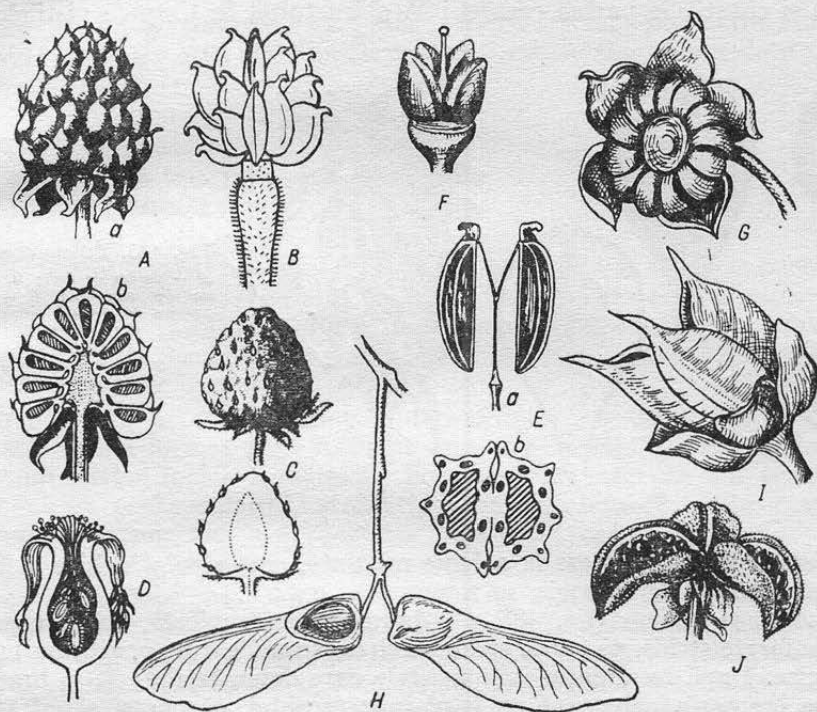


Fig. 484. Fructe multiple :

A — polidrupa de zmeură; B — poliachena de piciorul-cocoșului; C — poliachena de fragă;
D — poliachena de trandafir sălbatic; E — diachena de *Umbelliferae* (b — în secțiune transversală);
F — tetraachena de *Boraginaceae*; G — poliachena de nălbă; H — disamara de arțar; I — polifollicula de spînz; J — polifollicula de bujor (după Ullrich și Grințescu).

b. Fructe care provin dintr-o inflorescență

La unele plante, nu prea numeroase, fructele provin din întreaga inflorescență, ale cărei flori se transformă în fructe care congresc, rămîn pe aceeași axă sau pe același receptacul și la coacere cad toate deodată. Acestea sînt *fructele compuse* (fig. 485). Așa sînt fructele de dud, smochin și ananas.

La dud (*Morus nigra*) florile femeiești alcătuiesc un ament scurt. După fecundație, fiecare floare dă naștere la o achenă. Caliciul fiecărei flori însă se îngroașă, devine cărnos, simulînd pericarpul unei drupe al cărei simbur ar fi achenă. Toate fructele congresc și cad împreună. Fructul compus de dud se numește *soro ză* (fig. 485, A).

La smochin (*Ficus carica*) un receptacul mare și scobit în formă de pahar adânc, strîmtat la gură (fig. 485, B), adăpostește o inflorescență mixtă cu flori unisexuate. Florile bărbătești sînt mai aproape de gura urnei, iar cele femeiești de bază. După fecundație receptaculul se mărește, devine cărnos și constituie partea comestibilă a fructului, în timp ce pistilele flo-

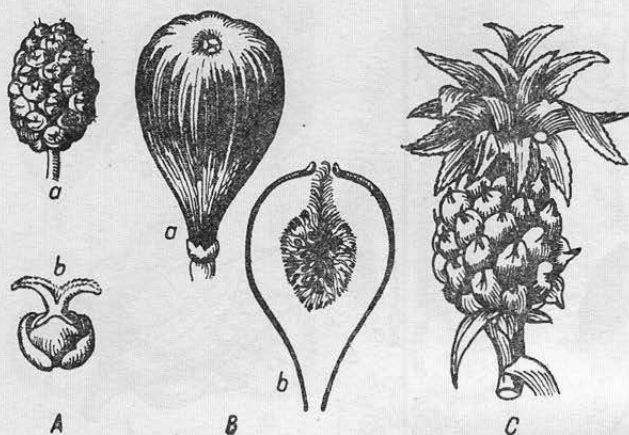


Fig. 485. Fructe compuse :
A — soroza de dud; B — siconă de smochin; C — fructul compus de *Ananas sativus* (după Grințescu).

rilor femeiești dau naștere la achene mărunte, care rămîn închise în fruct. Fructul compus de smochin se numește **siconă**.

La *Ananas sativus* (fig. 485, C), bromeliacee tropicală, tulpina poartă un spic foarte strîns, pe care-l străbate și deasupra căruia poartă un buchet de frunze. După fecundație, atît fructele care devin boabe, cît și bracteele care se îngroașă fuzionează cu axul inflorescenței, cărnos și el, alcătuiind fructul compus numit **ananas**.

Fructe compuse mai au : platanul (achene), porumbul (cariopse), sfecla, *Maclura*, arborele de pîine etc.

c. Fructe la formarea cărora participă și alte părți ale florii

După cum am amintit și la începutul acestui paragraf, la formarea foarte multor fructe participă, pe lîngă ovar, și alte părți ale florii. Astfel de fructe se numesc *fructe „false”*. Printre cele mai răspîndite fructe false cităm : merele, perele, gutuile și moșmoanele, a căror pulpă cărnoasă este formată în cea mai mare parte de receptacul și la vîrfurile cărora mai persistă frunzișoarele brune ale caliciului. Aceste fructe se numesc în morfologie *pseudodrupe-baciforme*. La ghindă, alună și jir, bracteele formează cîte o cupă cărnoasă la baza fructului. Caliciul persistă la baza boabei de mără-gună și o înconjură complet; ca într-un sac membranos și roșu pe cea de

Physalis. De asemenea, caliciul formează cîte un smoc de peri la achenele multor compozee și valerianacee (v. fig. 488 H—M).

Receptaculul florii participă la formarea unor fructe ca fragile, măceșele, smochinele etc.

Unii morfologi consideră ca „false” toate fructele provenite din florile cu ovar inferior; alții sînt împotriva unei așa de largi sfere date noțiunii de fruct fals.

3. RĂSPINDIREA FRUCTELOR ȘI A SEMINTELOR SAU DISEMINAREA

Un factor hotărîtor, care a asigurat răspîndirea angiospermelor, mai mult decît a tuturor celorlalte plante, a fost facultatea semințelor lor de a putea duce o viață latentă timp îndelungat, așteptînd condiții favorabile de germinat, și posibilitatea acestor semințe de a se împrăștiia departe de planta care le-a produs.

Într-adevăr, pe cînd embrionul pteridofitelor este obligat să se dezvolte imediat ce s-a format și pe locul pe care s-a format protalul, embrionul spermatofitelor închis în sămință poate aștepta zeci de ani ocazia de a germina și poate călători, străbătînd distanțe uneori foarte mari, pînă ajunge să germineze.

Transportul la distanță al fructelor și semințelor poartă numele de *dise-minare* și se face prin mijloace extrem de variate, chiar la plantele din aceeași familie, mijloace care constituie tot atîtea adaptări cărora se datorește existența atîtor forme variate de fructe și semințe. Trebuie să amintim faptul că diseminarea nu se face numai prin fructe și semințe, ci și prin alte organe sau fragmente de organe, care poartă numele de *diaspori*. Pot fi diaspori: fragmente de fructe (mericarpii), segmente de păstăi sau silicve lomentiforme, inflorescențe întregi (la tei sau la măcriș, capitule de scaieți etc.) sau plante întregi cum este cazul plantei *Rosa ierichomului* (din familia *Cruciferae*). (fig. 486, C, D). Planta trăiește în deșerturi. Vîntul o zmulge și o rostogolește la distanțe mari. Este posibil acest lucru, deoarece ramurile plantei se strîng ghem la uscăciune (C), și se destind la umiditate (D), împrăștiind semințele.

Din punct de vedere al diseminării se poate face o distincție netă între fructele dehiscente și cele indehiscente. La primele, semințele sînt înzestrate cu tegumente dure și rezistente și prezintă adaptări menite să le ușureze diseminarea. În cazul fructelor indehiscente, adaptările au fost reportate asupra fructului, iar semințele au integumente subțiri. În cazul fructelor false, unele urme ale altor piese florale decît carpelele rămîn persistente în jurul fructelor sau semințelor și devin auxiliare ale diseminării. În alte cazuri, însuși actul dehiscenței fructului devine factor al diseminării. De cele mai multe ori însă, mediul exterior cu factorii săi constituie agentul principal al răspîndirii fructelor, semințelor și diasporilor.

După mijloacele prin care-și realizează diseminarea, plantele pot fi împărțite în două mari categorii, și anume: *plante autochore*¹ și *plante allochore*². Primele își împrăștiie semințele prin mijloace proprii, ultimele prin factori externi.

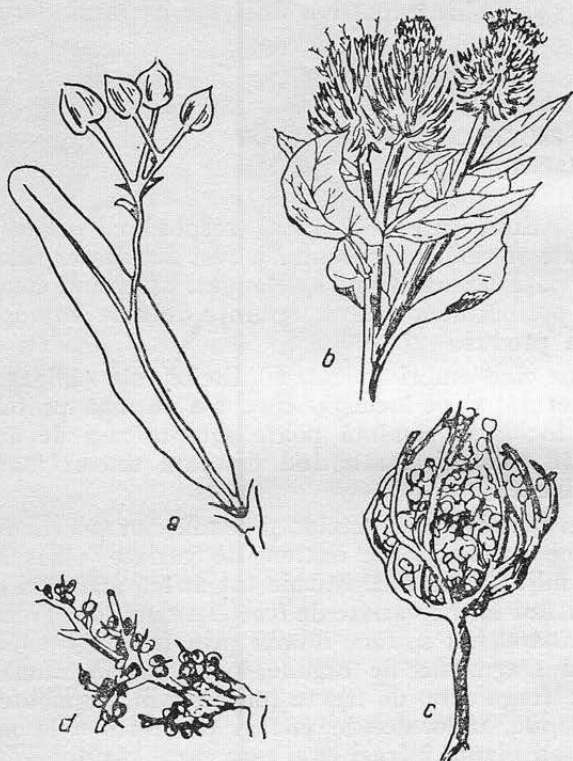


Fig. 486. Tipuri de diaspori:

a — fructe de tei provenind dintr-o inflorescență, cu bracteea în formă de aripă; b — trei capitule de scaieți; c, d — planta întreagă de *Rosa sericimulii* (după Champagnat și colab.).

1. **Plantele autochore** au mai ales fructe uscate dehiscente sau fructe cărnoase explozive (fig. 487). Prin mișcări provocate de uscăciunea aerului, dar condiționate de o anumită structură a pereților fructului, acestea se deschid brusc, reușind să-și arunce semințele la o oarecare distanță, nu prea mare, dar suficientă pentru răspândire, dat fiind faptul că aproape toate plantele de acest fel sînt ierboase și mici.

¹ De la grec. *autos* = eu însumi și *choros* = împrăștiere.

² De la grec. *allos* = străin și *choros* = împrăștiere.

Păstăile leguminoaselor, capsulele de *Viola*, capsulele cărnoase de slăbănog, *Impatiens noli-tangere*, ș.a., pe timp de uscăciune se deschid brusc, azvîrlînd semințele la 10—15 cm depărtare de planta-mamă.

Fructul cărnos de plesnitoare (*Ecballium elaterium*) se desprinde de codița lui la cea mai ușoară atingere, împrôșcînd semințele împreună cu un lichid lipicios la o distanță de cîțiva metri. Dacă lichidul a nimerit animalul care a provocat explozia fructului, semințele se vor lipi de acesta și vor fi duse la distanțe mult mai mari.

Cea mai mare distanță atinsă de semințele plantelor autochore o realizează cele de *Hura crepitans*, euforbiacee tropicală, al cărei fruct se rupe cu zgomot în felii care sînt aruncate pînă la 25 m (fig. 487, D).

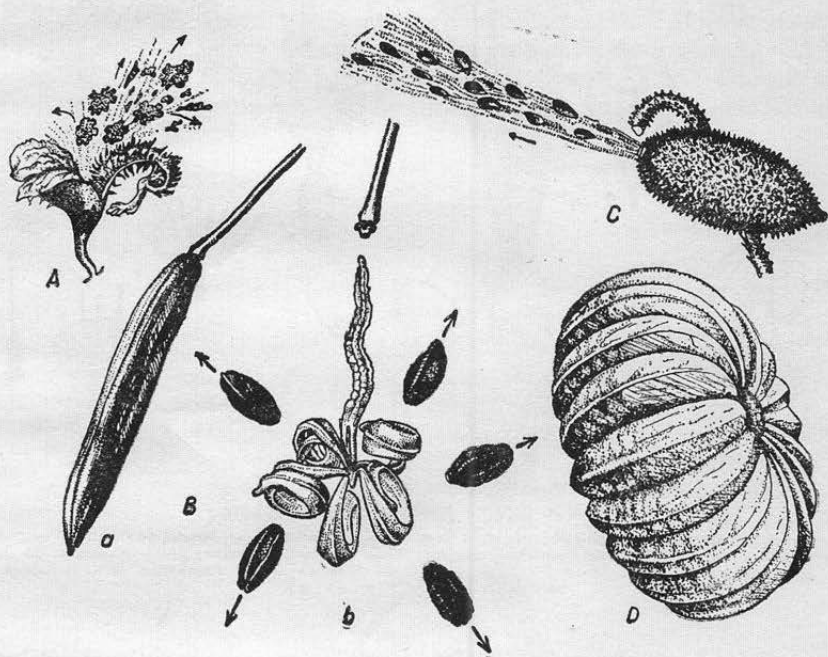


Fig. 487. Fructe autochore:

A — capsulă explozivă de *Cyclanthera explosans*; B — capsulă de *Impatiens noli-tangere*;
C — fruct de plesnitoare; D — fruct de *Hura crepitans* (după Ullrich și Grințescu).

2. Plantele allochore își răspîndesc fructele și semințele cu ajutorul unor agenți străini, aceiași care fac și polenizarea, și prin aceștia semințele lor ating distanțe mult mai mari decît cele ale plantelor autochore. După cum diseminarea se face prin vînt, animale sau apă, plantele allochore se numesc: *anemochore*, *zoochore* și *hidrochore*.

Plantele anemochore¹ își împrăștie fructele și semințele prin vînt cu ajutorul căruia ele pot parcurge zeci și sute de kilometri. Adaptările speciale ale plantelor la anemochorie constau mai ales în următoarele (fig. 488):

a) Producerea de semințe ușoare și foarte mici, așa cum sînt semințele de *Orchideae*, *Orobanchaceae*, *Ericaceae* etc., a căror greutate nu depășește cîteva miimi de miligram și care plutesc în aer multă vreme, putînd fi duse de vînt la distanțe foarte mari.

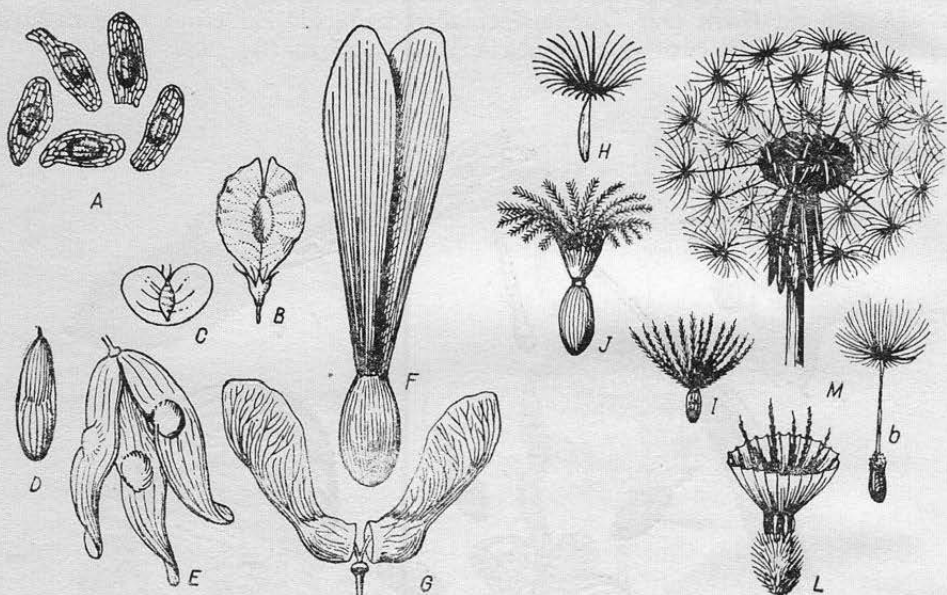


Fig. 488. Fructe și semințe anemochore:

A — semințe de orhidee; B — samară de ulm; C — samară de mesteacăn; D — samară de frasin; E — samară de *Ailanthus glandulosa*; F — samară de *Gyrocarpus asiaticus*; G — disamară de arțar; H—L — achene cu „aparate” de zbor; H — *Senecio*; I — *Cirsium*; J — *Valeriana*; L — *Scabiosa*; M — *Taraxacum* (b — o achenă izolată, cu papus) (după Grințescu).

b) Producerea de fructe și semințe sferice, cum este cazul arbuștilor din pustiuri sau al multor plante din stepe (leguminoase, crucifere, cariofilacee etc.), pe care vîntul le rostogolește pe solul neted al stepelor și le transportă la distanțe apreciabile (v. fig. 486, C, D).

c) Producerea de fructe aripate, cum sînt samarele de ulm, frasin, carpen, mesteacăn, arțar etc., fructe cu o umbrelă de peri numită *papus*, ca la achenele de păpădie, pălămidă, *Eriophorum* etc., fructe cu aristă penată, ca cele de colilie, semințe cu peri, ca cele de salcie, plop, bumbac etc. Ase-

¹ De la grec. *anemos* = vînt și *choros* = împrăștiere.

menea fructe pot să plutească după principiul parașutelor (achenele cu papus), să se învîrtească ca elicele, să planeze etc., anexe și excrescențele lor reprezentînd tocmai adaptările speciale la anemochorie.

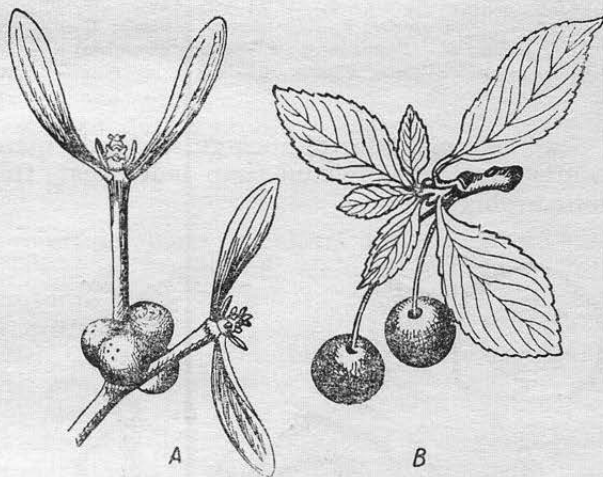
Plantele zoochore își diseminează fructele și semințele cu ajutorul animalelor. Acestea din urmă contribuie la diseminare *activ*, mîncînd fructele cărnoase fără a le distruge semințele, sau *pasiv*, transportînd în lîna, părul, sau penele lor fructe sau semințe agățate de ele.

Bacele și drupele cu pericarp cărnos sînt consumate de animale, mai ales de păsări. Semințele acestora sînt bine apărute contra acțiunii fermentilor digestivi, așa că ele trec nevătămate prin corpul animalului și sînt împrăștiate la mari distanțe (fig. 489).

Furnicile caută și mîncîcă anexele cărnoase ale semințelor (caruncule și ariloduri) de viorea, *Chelidonium*, brebenei, *Luzula* etc., răspîndindu-le cu această ocazie. Veverița împrăștie alune, jir, ghindă etc.

Mai bine de 10% dintre angiosperme prezintă fructe și semințe înzestrate cu spini sau cîrlige, care se agață de blana sau penele animalelor și pot străbate cu acestea sute sau mii de kilometri (fig. 490). Se citează scaieții ajunși din Australia pînă în Anglia, împreună cu lîna oilor, străbătînd mai multe mii de kilometri.

Fig. 489. Fructe zoochore de visc (A) și de cireș (B) (după Masclef).



Multe plante de apă, ca lintița sau semințele de plante de mlaștini, se prind, împreună cu noroiul, de picioarele animalelor și astfel se răspîndesc. Într-un mic bulgăr de pămînt desprins de pe piciorul unei potîrnichi, Darwin a numărat 82 de feluri de diferite semințe.

Plantele hidrochore sînt acelea care-și răspîndesc fructele și semințele cu ajutorul apei. Pentru a putea fi răspîndite prin apă, fructele lor trebuie să fie mai ușoare decît apa și impermeabile. Aceste condiții le realizează fructele multor graminee și ciperacee de apă (rogoz, trestie,

papură), care au adevărate „bășici înotătoare” în jurul fructului, precum și nuca de cocos (fig. 491), fructele de *Pandanus*, unele păstăi indehiscente etc.

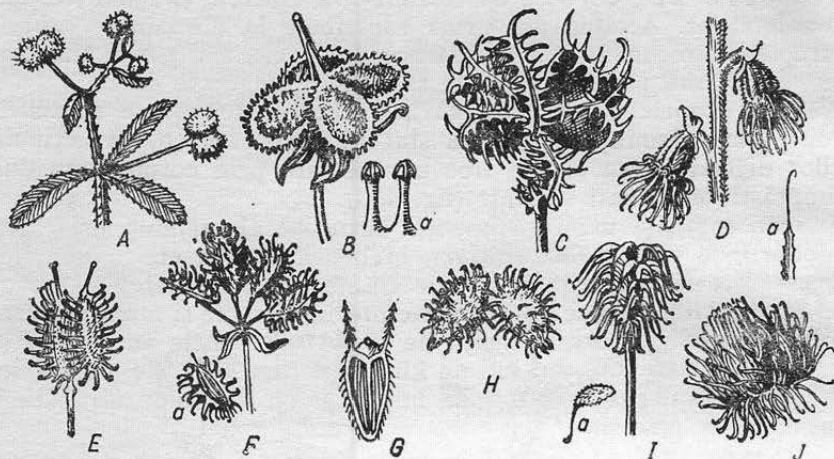


Fig. 490. Fructe zoochore :

A — *Galium aparine*; B — *Cynoglossum officinale*; C — *Ranunculus arvensis*; D — *Agrimonia eupatoria*; E — *Daucus carota*; F — *Orlaya grandiflora*; G — *Bidens tripartitus*; H — *Xanthium spinosum*; I — *Geum urbanum*; J — *Lappa major*; a — fructe izolate (după Grințescu).

Semințele plantelor hidrochore au foarte mare vitalitate și își păstrează facultatea germinativă un timp îndelungat, timp în care străbat distanțe considerabile.

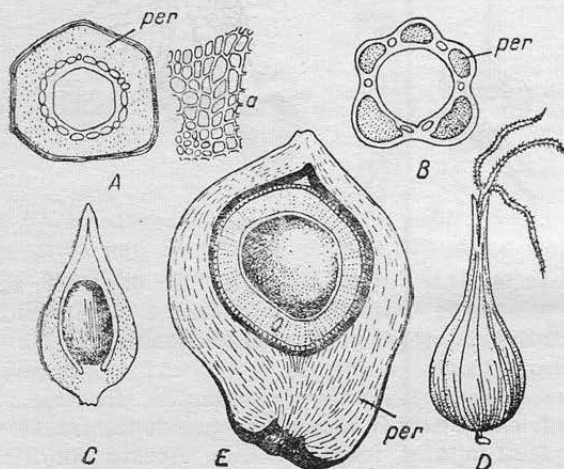


Fig. 491. Fructe hidrochore :

A — fruct de *Sium angustifolium*, cu pericarp lacunos (per); B — fruct de cută; C — D — fructe de *Carex*; E — nuca de cocos (după Grințescu).

Răspîndirea plantelor de către om și rolul său în obținerea de specii noi

Printre agenții care contribuie la răspîndirea plantelor pe glob, cel mai important este omul, care transportă în mod conștient plante de cultură dintr-o regiune în alta, le aclimatizează și le lărgeste aria de răspîndire, care asanează terenurile inundabile, seacă mlaștinile, irigă terenurile uscate, împădurește coastele abrupte.

Prin activitatea conștientă a omului, peisajul natural al globului s-a schimbat imens. Aproape toată Europa și America, și o mare parte din Asia cuprind suprafețe enorme utilizate în agricultură. Într-un timp istoric scurt, țărmul sudic al Mării Negre, odinioară acoperit cu păduri de nestrăbătut, a fost transformat într-o adevărată grădină de lămâi, portocali, ceai și culturi de vie.

Unele plante de cultură au fost duse dintr-un continent într-altul încă din timpuri străvechi, așa încît astăzi cu greu li se mai poate stabili patria de origine. Așa sînt grîul, fasolea, meiul etc. Altele au fost aduse în Europa din America de Sud, după descoperirea acestora; așa sînt cartoful, tutunul, porumbul, salcîmul etc.

O dată cu plantele utile, oamenii au răspîndit și o serie de buruieni și plante sălbatice. Așa au ajuns din America în Europa: *Erigeron canadensis*, *Elodea canadensis*, *Amaranthus retroflexus*, *Oenothera biennis* etc., iar din Europa au fost duse în America *Plantago major*, *Agropyrum repens*, *Stellaria media*, *Agrostema githago* etc.

Mai importantă decît acțiunea de răspîndire a plantelor de către om este rolul acestuia în crearea de specii noi de plante de cultură, mai productive, mai decorative, mai rezistente la boli și secetă, cu un cuvînt, avînd calități dorite de el.

Problema creării de noi soiuri de plante de cultură a preocupat de multă vreme pe oamenii de știință și pe practicieni. Metodele întrebunțate au fost mai multe, mai importante fiind, în ordinea cronologică a aplicării lor, trei: metoda *selecției artificiale*, cea a *hibridării sexuate artificiale* și *metodele moderne ale geneticii*, constînd în hibridări vegetative combinate cu hibridări sexuate, însoțite de un complex de măsuri și practici a căror expunere ar depăși cadrul morfologiei.

Îmbinarea hibridării cu educarea dirijată a hibrizilor și alegerea pentru încrucișare a celor mai productive, mai viguroase și mai rezistente plante la dăunători, ger și secetă, reprezintă calea sigură spre crearea de soiuri noi și valoroase de plante de cultură.

4. GERMINAȚIA SEMINȚEI

Ajunsa în condiții favorabile sămînța germinează, ceea ce înseamnă că embrionul ei trece din viața latentă într-o viață activă, sparge învelișurile seminale și iese afară, devenind o plantulă capabilă să ducă o viață indepen-

dentă. Pînă la germinație, tînărul embrion trăiește în mod heterotrof pe seama rezervelor acumulate, în endosperm sau în cotiledoane.

Germinația seminței ridică o serie de probleme de cel mai mare interes, cum sînt: viața latentă, puterea germinativă, condițiile externe și interne ale germinației, fenomenele fizico-chimice care o însoțesc etc. Toate aceste probleme fac parte din domeniul fiziologiei și nu le putem aborda aici. În cele ce urmează ne vom limita la analiza fenomenelor morfologice ale germinației. Menționăm totuși că germinează numai semințele mature (sau aproape mature), cu embrionul complet format și cu rezervele nutritive ajunse la forma definitivă, caracteristică pentru tipul de endosperm respectiv, sănătoase, întregi etc. De asemenea, semințele germinează numai în anumite condiții de umiditate, temperatură și în prezența aerului cu oxigen suficient.

Fenomenele morfologice ale germinației

Cel dintîi fenomen observabil la începutul germinației, care de altfel le condiționează pe toate celelalte, este *umflarea seminței*.

Apa îmbibă puțin cîte puțin tegumentele seminale, acestea devin permeabile, și-i permit apei să ajungă la părțile vii, embrion și albumen, care devin turgescențe și-și măresc foarte mult volumul. Tegumentele seminței, sclerificate și aproape inextensibile, nu pot face față acestei creșteri de volum, ele crapă și permit *ieșirea radiclei*, al doilea fenomen important al germinației (fig. 492).

Radicula iese prin ruptura care se produce, de regulă, la nivelul micropilului și, indiferent de poziția seminței, ea se îndreaptă totdeauna vertical în sol, datorită *geotropismului ei pozitiv* (mișcare de creștere orientată de către gravitație). Imediat vîrful radiclei se organizează în modul cunoscut, apar perișorii absorbantși și fosta radiculă, devenită rădăcină principală, își preia funcțiile specifice: absorbția și fixarea.

După ieșirea radiclei începe să se dezvolte tulpinița sau axa hipocotilă, care crește în sens invers, adică se ridică în aer, din cauza geotropismului său negativ. În cursul dezvoltării tulpiniței se pot întîmpla două cazuri: sau aceasta crește activ și ridică cotiledoanele deasupra solului, sau axa hipocotilă nu se dezvoltă și cotiledoanele rămîn în sol.

Primul tip de germinație se numește *epigee* și se întîlnește la fasole, ricin, fag, tei, arțar etc.; tipul al doilea se numește germinație *hipogee* și se întîlnește mai ales la semințele exalbuminate, ca stejar, mazăre, nuc, castan sălbatic și la semințele albuminate de monocotiledonate.

În germinația epigee (fig. 493), cotiledoanele, care pînă la ieșirea lor din sol erau strînse împreună, acum se dezlipesc, iau o poziție orizontală, se subțiază, deoarece rezervele nutritive din ele se consumă, dobîndesc clorofilă și iau aspectul unor frunze rudimentare.

Mugurașul, care pînă acum a rămas neschimbat, începe să crească, primordiile de frunze pe care le adăpostește cresc de asemenea, primele dintre ele fiind mult îndepărtate de cotiledoane printr-o creștere intercalară a tinerei tulpinițe, care formează *axa epicotilă*, internodiul dintre cotiledoane și prima frunză. După cum am văzut cu alt prilej, aceste prime frunze ale plantulei diferă foarte mult ca formă de nomofilele obișnuite. Cu apariția

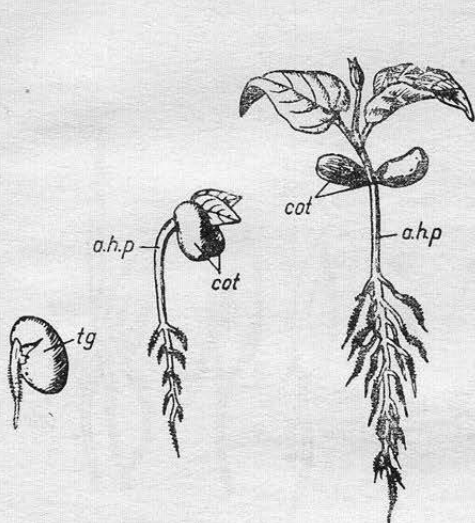


Fig. 492. Germinația seminței de fasole :
tg — tegument seminal; a.h.p. — axa hipocotilă;
cot — cotiledoane (după Mascré).

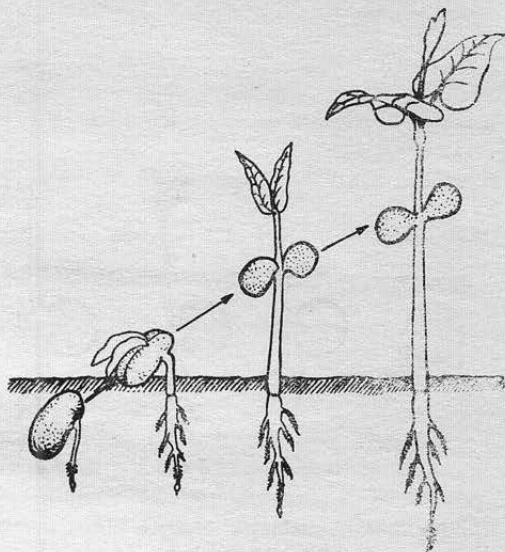


Fig. 493. Germinația epigee (după Guilliermond).

primelor frunze verzi, fenomen care coincide cu epuizarea rezervelor nutritive din cotiledoane sau din albumen, se termină germinația și tînăra plantulă devine autotrofă, capabilă să ducă o viață autonomă.

În cazul germinației hipogee (fig. 494) cotiledoanele nu se ridică deasupra pămîntului și nici nu ies din tegumentul seminal. O ușoară creștere a axei epicotile are ca urmare ieșirea afară a tulpiniței și mugurașului, care încep să crească vertical și să se dezvolte în modul cunoscut. Ansamblul format din radiculă, tulpiniță și muguraș constituie o axă verticală tangentă la sămînță.

La monocotiledonate, fenomenele germinației seminței diferă de cele descrise mai sus. Unicul lor cotiledon, la cereale foarte dezvoltat, în formă de scut și numit *scutellum*, este situat lateral față de tulpiniță. Rădăcina embrionului este învelită în *coleoriză*, iar mugurașul, în loc să fie liber este închis într-un fel de teacă, numită *coleoptil*, care crește foarte intens la începutul germinației, dar creșterea se oprește foarte curînd (fig. 495) și gemula va trebui s-o spargă pentru a ieși în aer. Cotiledonul se prelungește

deasupra și dedesubtul punctului său de inserție pe tulpiniță și o învelește. El rămîne totdeauna în sol și are rol absorbant, absorbînd substanțele organice din albumen și dîndu-le embrionului.

Radicula sparge și ea coleoriza, iese și se înfundă în sol, acoperindu-se cu numeroși peri sugători. Ea însă degenează foarte curînd și este înlocuită printr-un mănunchi de rădăcini adventive care pleacă de la baza tulpiniței.

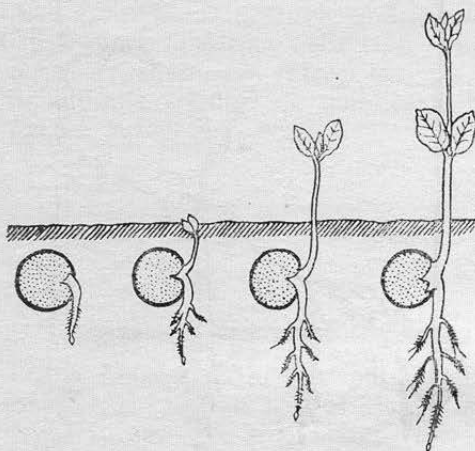


Fig. 494. Germinația hipogee (după Guilliermond).

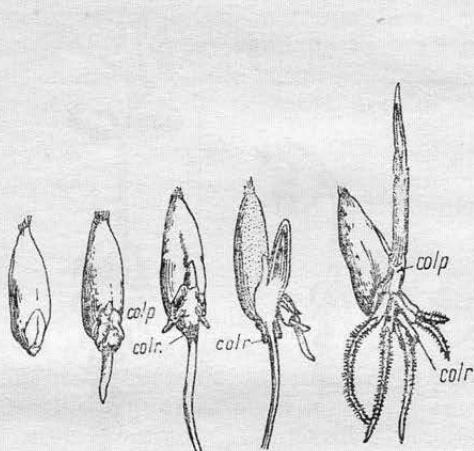


Fig. 495. Germinația grîului:
colp — coleoptil; colr — coleoriza (după Mascré).

Un alt tip de germinație se întîlnește la plantele cu embrionul nediferențiat, cum sînt multe parazite (*Cuscuta*, *Orobanche*, *Monotropa* etc.). În timpul germinației, embrionul lor lipsit de cotiledoane își formează o tulpiniță la extremitățile căreia se diferențiază mugurașul și radica.

Semințele de orhidee, de asemenea cu embrion nediferențiat, nu germinează decît în contact cu miceliul unor ciuperci, care, pătrunzînd în ele, excită țesuturile și provoacă înmulțirea acestora. Ca urmare, se formează din sămînță un fel de tubercul subteran cu rizoizi. La extremitatea superioară a acestuia, la subsuara unei prime frunze se dezvoltă un muguraș, care va da naștere tulpinii aeriene a plantei, la baza căreia vor apare rădăcini adventive; apoi, tuberculul dispare.

- BIBLIOGRAFIE
1. Alexandrov, V. G. *Anatomia rasteinii*. Moskva, Sovetskaia Nauka, 1954.
 2. * * * Analele Româno-Sovietice, Seria biologie. Editura Academiei R.P.R., 1948—1963.
 3. Bach, D. *Cours de Botanique générale*. T.I., Paris, S.E.D.E.S., 1955.
 4. Beldie, Al. *Plantele lemnoase din R.P.R.* București, Editura Agro-Silvică, 1953.
 5. Biebl, R., Germ, H. *Praktikum der Pflanzenanatomie*. Springer Verlag, Wien-New York 2 aufl., 1967.
 6. Binet, P., Brunel, J. P. *Physiologie végétale*. T. I—II—III. Paris, Edit. G. Doin, 1967—1969.
 7. Bonnier, G. *Le monde végétal*. Paris, Flammarion, 1920.
 8. Bonnier, G. et Leclerc du Sablon. *Cours de Botanique*. P.I., Paris, Librairie générale de l'enseignement.
 9. Botnariuc, N. *Din istoria biologiei*. București, Editura științifică, 1961.
 10. Boureau, E. *Anatomie végétale*. T.I., II, III, Paris, Press. Univ. de France, 1954, 1956, 1957.
 11. Buia, Al., *Botanica*. Vol. I. — *Morfologia plantelor*, curs litografiat, Craiova, 1961.
 12. Buia, Al., Péterfi, Șt., Răvăruț, M. *Botanica agricolă*. Vol. I. București, Editura Agro-Silvică, 1965.
 13. Bujorean, G. *Botanica și agrobotanica*. P.I. — *Botanica generală*. Ed. 4 (litografiat), Timișoara, 1956.
 14. Buvat, R. *La cellule végétale*. Coll. „L'Univers des Connaissances”. Paris, Hachette, 1969.
 15. Camefort, H., Paniel, J. *Morphologie et anatomie des végétaux vasculaires*. Paris, Edit. G. Doin, 1962.
 16. Chadeaud, M. et Emberger, L. *Traité de Botanique Systématique*. T.I., II, Paris, Masson et C-ie, 1960.
 17. Champagnat, R., Ozenda, P., Baillaud, L. *Croissance, morphogenèse, reproduction*. Paris, Masson et C-ie, 1969.
 18. Crété, P. *précis de Botanique*. T.I. Paris, Masson et C-ie, 1962.
 19. Davidov, N.N. *Botaniceskii slovar*. Moskva, Fizmatgiz, 1962.
 20. Denffer, D. V. *Morphologie*. In: *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*, Ed. 29 Jena, G. Fischer, 1967.

21. Drawert, H. *Die Entstehung der Vacuolen*. In Ruhland: Handbuch der Pflanzenphysiologie, Bd. I, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1955.
22. Engels, Fr. *Dialectica naturii*. București, E.S.P.L.P., 1954.
23. Engler, S. *Syllabus der Pflanzenfamilien*. Hsg. von H. Melchior Bd. I—II Borntraeger-Berlin, 1964.
24. Esau, K. *Plant Anatomy*, ed. II. John Wiley Sons Inc. New York, London, Sydney, 1965.
25. Favard, P. *Introduction à la Biologie* I—V. Collection „Methodes”. Paris, Edit. Hermann, 1968.
26. Filarszky, N. *Növénymorphologia*. Budapest, Franklin Tarsulat, 1911.
27. * * * *Flora Republicii Populare Române*. Vol. I—X București, Editura Academiei R.P.R. 1952—1968.
28. * * * *Fortschritte der Botanik*. Vol. XX—XXV, Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer, 1958—1963.
29. Gatin, C. L. *Dictionnaire Aide-Mémoire de Botanique*. Paris, Paul Lechevalier — edit. 1924.
30. Gauthérét, R. J. *La cellule. Principes de cytologie générale et végétale*. Paris, A. Michel, 1949.
31. Geitler, L. *Strukturen der Zelle und ihre chemische und physikalische Konstitution*. In Ruhland: Handbuch der Pflanzenphysiologie. Bd. I, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1955.
32. Ghelmeziu, N. G. și Suciu, P. M. *Identificarea lemnului*. București, Editura tehnică, 1959.
33. Ghișa, E. *Curs de plante superioare*. Litografiat, Cluj, 1953.
34. Ghișa, E. *Botanica sistematică. Plante inferioare*. București, Editura didactică și pedagogică, 1966.
35. Gluscenco, I. E. *Hibridarea vegetativă a plantelor*. București, Editura Academiei R.P.R., 1952.
36. Granick, S. *Plastid structure, development and inheritance*. In: Ruhland: Handbuch der Pflanzenphysiologie, Bd. I, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1955.
37. Grințescu, I. *Curs de botanică generală*. Fasc. 1—5, Cluj, Editura Universității, 1928—1934.
38. Guilliermond, A. et Mangenot, G. *Précis de Biologie végétale*. Ed. 2, Paris, Masson et C-ie, 1946.
39. Guinochet, M. *Notions fondamentales de Botanique générale*. Paris, Masson et C-ie, 1965.
40. Guttenberg, H. *Lehrbuch der Allgemeinen Botanik*. Berlin, Akademie-Verlag, 1956.
41. Guttenberg, H. von, *Pflanzenanatomie*. Berlin, Akademie-Verlag, 1966.
42. Haberlandt, G. *Physiologische Pflanzenanatomie*. Ed. 6, Leipzig, W. Engelmann, 1924.
43. Hesin, R. B. *Biochimia citoplasmei*. București, Editura medicală, 1961.
44. Hirth, L. et Stolkowski, J. *Biologie cellulaire*. Paris, Presses Univ. de France, 1955.
45. Huber, B. *Grundzüge der Pflanzenanatomie*. Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer Verlag, 1961.
46. Jukovski, P. M. *Botanica*. București, E.S.P.L.S., 1953.

47. Kaussmann, B. *Pflanzenanatomie*. Jena, G. Fischer, 1963.
48. Komarov, V. L. *Vvedenie v botanicu*. Moskva, Sovetskaia Nauka, 1949.
49. Kursanov, L. I. ș.a. *Botanika*. Vol. I, II, Moskva, Ucipedghiz, 1950, 1951.
50. Kurt, Steffen. *Chondriosomen und Mikrosomen (Sphaerosomen)*. In Ruhland: Handbuch der Pflanzenphysiologie. B. I., Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1955.
51. Küster, E. *Die Pflanzenzelle*. Ed. 3, Jena, G. Fischer, 1956.
52. Lundegårdh, H. *Pflanzenphysiologie*. Jena, G. Fischer, 1960.
53. Manoliu, M. *Polenizarea suplimentară la plantele agricole*. București E.S.P.L.S., 1951.
54. Matienko, B. T. *Clasificarea morfologică a variațiunilor rădăcinii, tulpinii și frunzei*. Chișinău, Editura Știința, 1962.
55. Maximov, N. A. *Fiziologia plantelor*. București, E.S.P.L.S., 1951.
56. Mevius, W. *Taschenbuch der Botanik*. P. 1, Stuttgart, G. Thieme, 1961.
57. Miciurin, I. V. *Opere alese*. București, Editura Academiei R.P.R., 1954.
58. Moisch, H. *Anatomie der Pflanze*. Ed. 7, Jena, G. Fischer, 1965.
59. Morariu, I. *Botanica generală și sistematică*. București, Editura Agro-Silvică, 1965.
60. Nougarede, A. *Précis de cytologie végétale*. Paris, Masson et C-ie, 1969.
61. * * * *Natura*. Revista Societății de Științe naturale și geografice, București.
62. Nultsch, W. *Manuel de Botanique générale*. Paris, Masson et C-ie, edit., 1969.
63. Obré, A. ș.a. *Biologie cellulaire*. Paris, G. Doin, 1954.
64. Panțu, Z. *Plantele cunoscute de poporul român*. Ed. 2, București, Casa Școalelor, 1929.
65. Pilet, P. E. *La Cellule. Structure et fonctions*. Ed. III. Paris, Masson et C-ie, 1968.
66. Pisek, A. *Chemie des Zellsaftes*. In: Ruhland: Handbuch der Pflanzenphysiologie, Bd. I. Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1955.
67. Pizon, A. *Anatomie et Physiologie végétales*. Paris, G. Doin, 1929.
68. Pop, E. *Noile descoperiri cu microscopul electronic în citologia vegetală*. „Natura”, X, 2, 1958.
69. Pop, E. ș.a. *Manual de fiziologia plantelor*. Vol. II, București, Editura didactică și pedagogică, 1960.
70. Preda, V. ș.a. *Biologie*. București, Editura medicală, 1963.
71. Preston, R. D. *Microscopic structure of plant cell walls*. In Ruhland: Handbuch der Pflanzenphysiologie. Bd. I, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1955.
72. Radu, A. *Curs de Botanică farmaceutică* (litografiat). Cluj, I.M.F., 1970.
73. Raicu, P. *Metode noi în genetică*. București, Editura didactică și pedagogică, 1962.
74. Razdorski, V. F. *Arhitektonika rastenii*. Moskva, Sovetskaia Nauka, 1955.
75. Răvărut, M. și colab. *Botanica*. București, Editura didactică și pedagogică, 1967.
76. Rjavitin, N. V. *Hibridarea vegetativă a plantelor*. București, Editura de Stat, 1951.
77. Ruhland, W. *Handbuch der Pflanzenphysiologie. Encyclopedia of Plant physiology*. T. I—XVIII, Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer, 1955.
78. Sabibin, D. A. *Fiziologiceskie osnovi pitania rastenii*. Moskva, Izdatelstvo Akademii Nauk U.R.S.S., 1955.
79. Schmidt, C. W. *Etymologisches Wörterbuch der Naturwissenschaften und Medizin*. Berlin und Leipzig, W. de Gruyter et Co., 1923.
80. Schneider, C. K. *Illustriertes Handwörterbuch der Botanik*. Ed. 2, Leipzig, W. Engelmann, 1917.
81. Seifriz, W. *Microscopic and submicroscopic structure of cytoplasm*. In Ruhland: Handbuch der Pflanzenphysiologie. Bd. I, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1955.

82. Seifriz, W. *The physical chemistry of cytoplasm*. In Ruhland, Handbuch der Pflanzenphysiologie, Bd. I, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1955.
83. Serebriacov, I. G. *Morfologhia vegetativnih organov višših rastenii*. Moskva. Sovetskaja Nauka, 1952.
84. Sitte, P. *Bau und Feinbau der Pflanzenzelle*. Stuttgart, Ed. G. Fischer, 1965.
85. Stocker, O. *Grundriss der Botanik*. Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer, 1952.
86. Stoletov, N. V. *Materialismul dialectic și biologia miciuriniștă*. București, E.S.P.L.S., 1953.
87. Studitski, A. *Celula, strop de viață*. București, Editura științifică, 1963.
88. Teodorescu, Em. C., *Opere complete*. Vol. II, București, Editura Academiei R.P.R., 1951.
89. Tieghem, Ph. van, *Elements de Botanique*. I — Botanique générale. Paris, Masson et C^{ie}, 1918.
90. Timiriazev, K. A. *Viața plantelor*. Ed. 2, București, E.S.P.L.S., 1951.
91. Treiber, E. *Die Chemie der Zellwand*. In Ruhland: Handbuch der Pflanzenphysiologie, Bd. I, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1955.
92. Troll, W. *Allgemeine Botanik*. Ed. 3, Stuttgart, F. Emke, 1959.
93. Turbin, N. V. *Genetica și bazele ameliorării*. București, Editura Agro-Silvică, 1953.
94. Turbin, N. V. *Procesul fecundării la plante în lumina învățăturii miciuriniște*. București, Editura Agro-Silvică, 1953.
95. Ullrich, H. și Arnold, A. *Lehrbuch der Allgemeinen Botanik*. Vol. I, Berlin, W. Gruyter, 1953.
96. Vanin, S. I. *Studiul lemnului*. București, Editura tehnică, 1953.
97. Wagenführ, R. *Anatomie des Holzes*. Leipzig, Ed. Veb. 1966.

CUPRINS

Prefață la ediția întâi	3
Prefață la ediția a II-a	6
Introducere	7
1. Asemănările și deosebirile dintre plante și animale . . .	7
2. Rolul cosmic al plantelor și însemnătatea lor în viața omului	9
3. Botanica și disciplinele botanice	11
4. Scurt istoric al dezvoltării cunoștințelor de morfologia plantelor	15
5. Cercetările de morfologie din țara noastră	24
I. Citologia	27
1. Scurt istoric al dezvoltării cunoștințelor despre celulă .	27
2. Considerații generale privitoare la celulă	31
a. Tipuri de celule	31
b. Plante unicelulare și plante pluricelulare	33
c. Forma și mărimea celulelor vegetale	34
* 3. Conținutul celular sau organele celulare	35
4. Metodele de studiu ale celulei. Aparat și instrumente utilizate în citologie	39
a. Metode generale utilizate în citologie	39
b. Metode speciale întrebuintate în citologia modernă .	43
c. Instrumente de observație utilizate în citologie . . .	45
5. Înregistrarea observațiilor. Microfotografia și microcinematografia	49
* 6. Studiul conținutului celular: conținutul viu sau protoplasma	50
a. Citoplasma fundamentală sau hialoplasma	77
b. Reticulul endoplasmatic sau ergastoplasma	84
c. Ribozomii sau granulele lui Palade	86
d. Aparatul Golgi	86
e. Condriomul celular	88
f. Plastidomul celular	92
g. Centrul celular	100
h. Cilii și flagelii	101
i. Nucleul	101

7. Constituenții nevii ai celulei vegetale	107
a. Vacuomul celular	107
b. Incluziunile ergastice din celulă	111
c. Membrana celulară	115
8. Înmulțirea celulelor	131
a. Diviziunea directă	131
b. Diviziunea indirectă	132
c. Cromozomii. Morfologia, structura și rolul lor	140
II- Histologia	145
1. Generalități	145
2. Clasificarea țesuturilor vegetale	151
a. Țesuturile de origine sau meristemele	154
b. Țesuturile de apărare sau învelitoare	160
c. Țesuturile fundamentale	165
d. Țesuturile conducătoare	169
e. Țesuturile mecanice sau de susținere	177
f. Formațiuni secretoare și excretoare	183
g. Celulele și țesuturile senzitive	191
III- Morfologia și anatomia organelor vegetative (organografia)	195
<i>A. Generalități</i>	<i>195</i>
1. Dezvoltarea ontogenetică a organelor vegetative la plantele cu flori	196
2. Cîteva proprietăți ale formei și structurii organelor vegetative	199
<i>B. Morfologia și structura cormului</i>	<i>204</i>
1. Rădăcina	206
a. Tipuri morfologice de rădăcini	206
b. Morfologia și structura vârfului rădăcinii	209
c. Ramificația rădăcinii	212
d. Anatomia rădăcinii	219
Structura primară a rădăcinii	219
Structura secundară a rădăcinii	229
2. Tulpina	232
a. Morfologia tulpinilor aeriene	233
b. Tulpinile subterane	249
c. Tulpinile acvatice	253
d. Anatomia tulpinii	254
Structura primară a tulpinii	256
Structura secundară a tulpinii	275
3. Frunza	301
a. Morfologia frunzei	301
b. Așezarea frunzelor pe tulpină. Filotaxia	319
c. Tipuri de frunze în dezvoltarea ontogenetică a plantei	322
d. Nervațiunea frunzelor	331
e. Dimensiunile și durata vieții frunzelor	334
f. Metamorfoze foliare	334

g. Anatomia frunzei	338
h. Căderea frunzelor	352
i. Originea filogenetică a frunzei	353
IV- Înmulțirea plantelor	355
<i>A. Generalități despre înmulțirea plantelor</i>	<i>355</i>
1. Înmulțirea vegetativă	356
2. Înmulțirea asexuată	362
3. Reproducerea sexuată	363
a. Gameții în regnul vegetal	364
b. Fecundația. Modalitățile ei. Esența fecundației	365
c. Diviziunea reduțională	368
d. Alternarea de generații	369
<i>B. Noțiuni despre reproducerea cormofitelor</i>	<i>373</i>
1. Reproducerea la briofite	373
2. Reproducerea la pteridofite	376
3. Reproducerea la fanerogame	381
a. Reproducerea la gimnosperme	382 x 385
b. Reproducerea la angiosperme	386 x 415
<i>C. Morfologia și structura părților florii</i>	<i>393</i>
1. Părțile componente ale florii	393
a. Axul floral	393
b. Periantul	394
c. Androceul	399
d. Gineceul sau pistilul	407
2. Formule și diagrame florale	418
3. Concepții noi despre natura morfologică a florii	420
<i>D. Formarea oului la angiosperme</i>	<i>422</i>
1. Polenizarea și modalitățile ei	422
2. Germinația polenului și creșterea tubului polinic	428
3. Fecundația propriu-zisă	430
<i>E. Sămînța angiospermelor</i>	<i>435</i>
<i>F. Fructul. Clasificarea fructelor</i>	<i>443</i>
1. Generalități	443
2. Clasificarea fructelor	444
a. Fructe care provin dintr-o singură floare	445
b. Fructe care provin dintr-o inflorescență	451
c. Fructe la formarea cărora participă și alte părți ale florii	452
3. Răspîndirea fructelor și a semințelor sau diseminarea	453
4. Germinația seminței	459
Bibliografie	463

Coli de tipar: 29.80



Intreprinderea Poligrafică Cluj
Str. Brassai 5—7
Republica Socialistă România
Comanda 386/971—5036



Lei 24,—